F. JUSTER

Réalisation et installation des

ANTENNES DE TÉLÉVISION

TOUTES CHAÎNES

VHF
UHF
FM

ÉDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES FRANÇAISES

4e édition

PRINCIPAUX OUVRAGES DE L'AUTEUR

- Petits instruments électroniques de musique
- Amplificateurs et préamplificateurs HI-FI Stéréo à circuits intégrés.
- Tuners modernes FM HI-FI Stéréo.
- Cours pratique de télévision 7 volumes.
- Pratique intégrale de la télévision (2e édition épuisée).
- Les circuits imprimés (avec M. P. LEMEUNIER).
- Radiorécepteurs à transistors (avec M. R. MOTTE).
- Pratique des téléviseurs à transistors (éd. CHIRON).
  ainsi que **21 autres ouvrages de radio, TV et TV couleurs.**

F. JUSTER

LES ANTENNES DE TV ET FM

TOUTES CHAINES

4e édition

Antennes classiques, modernes et ultra-modernes pour TV, TVC, FM, appartement, auto.
Tous programmes actuels et à venir.
Données numériques de construction.
Construction, mise au point, choix.

Diffusion :

AGENCE PARISIENNE DE DISTRIBUTION
43, Rue de Dunkerque - 75010-PARIS

Toute reproduction, même partielle, de cet ouvrage, est interdite. Une copie ou reproduction par quelque procédé que ce soit, photographie, microfilm, bande magnétique, disque ou autre, constitue une contrefaçon passible des peines prévues par la loi du 11 mars 1957 sur la protection des droits d'auteur.

© 1974 - E.T.S.F.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction à la 3e édition 7

Chapitre I. Caractéristiques générales 9
Caractéristiques électriques 9
Caractéristiques physiques. Sensibilité 9
Directivité 11
Accord et largeur de bande 12
Impédance 13
Adaptation. Polarisation. Caractéristiques physiques 14

Chapitre II. Câbles et lignes de transmission 15
Installation 15
Câbles. Grandeurs caractéristiques 15
Câbles bifilaires 19

Chapitre III. Méthodes générales de constitution des antennes 21
Antennes élémentaires et antennes composées 21
Eléments parasites. Comparaison 23

Chapitre IV. Radiateurs dipôles demi-onde 26
Antenne rectiligne dipôle 26
Antenne repliée. Antenne à impédance ajustable. Abaques 27
Radiateurs doublement repliés 31

Chapitre V. Adaptation des antennes 32
Considérations générales 32
Transformateur quart d'onde 33
Transformateurs en cascade 34
Adaptation symétrique - dissymétrique. Abaque 35
Adaptation delta 36
Adaptation en T 38

Chapitre VI. Choix et mesures simples 40
Caractéristiques influant sur le choix des antennes 40
Décibels 41
Choix des antennes-TV 43
Réception défavorable. Mesures. Impédance 45
Gain. Directivité. Accord 46
Largeur de bande. Rapport avant-arrière. Gain 47
Mesure de la directivité 49
Mesure du rapport avant-arrière 50

Chapitre VII. Atténuateurs 51
Généralités sur les atténuateurs 51
Réalisation des atténuateurs 54

Chapitre VIII. Elimination des brouillages 55
Pénétration de l'émission indésirable 55
Filtres d'antenne 56
Détermination des éléments 58
Eliminateurs de brouillages à filtres 61
Filtres passe-haut 62
Filtres passe-bas 65
Exemple 66

Chapitre IX. Propagation des VHF et UHF 67
Généralités. Champs dans l'espace libre 67
Puissance reçue. Terre plane 68
Cas de réel de terre sphérique 69
Distance inférieure à 5 km 72
Distance supérieure à 5 km 75
Présence d'un obstacle 77
Gain. Puissance reçue. Tension d'entrée 79

Chapitre X. Antennes à plusieurs nappes 82
Montage de deux étages première manière 82
Deux étages. Trois étages 83
Quatre étages 83

Chapitre XI. Antenne Yagi pour UHF 88
Constitution 88
Fixation des éléments 89
Polarisation. Dimensions 90
Radiateurs 92
Détermination de la longueur d'onde 93
Exemple numérique 94

Chapitre XII. Valeurs numériques des dimensions des antennes Yagi 97
Valeurs numériques pour antennes à une nappe 97
Tableaux des valeurs pour antennes jusqu'à 14 éléments .... 98 à 107
Ecartement entre les éléments 127
Dimensions des radiateurs 107
Antennes à deux nappes 111

Chapitre XIII. Antennes Yagi à 4 nappes 113
Valeurs numériques. Largeur de bande 115
Comment augmenter la largeur de bande 116
Cas de 4 étages 118
Accords décalés. Antennes à gain élevé et bande réduite 119

Chapitre XIV. Antenne pavillon (ou cornet) 121
Avantages. Principe 121
Construction 122
Adaptation. Sensibilité 123
Emploi en UHF. Directivité 124

Chapitre XV. Antenne losange à grand gain 126
Forme et dimensions 126
Réalisation 127
Adaptation 129
Exemple numérique 130
Angle d'inclinaison 131
Antenne relais TV 133

Chapitre XVI. Antennes colinéaires 134
Elément radiateur 134
Eléments réflecteurs 134
Etages colinéaires. Avantages. Antenne à 2 étages 135
Antenne 3 étages. Antenne 4 étages 137
Valeurs numériques, exemples 138

Chapitre XVII. Antennes pour UHF 140
Antennes Yagi 140
Tableaux de valeurs numériques 142
Dimensions numériques 143
Antennes dièdres 145
Dimensions. Exemple de calcul 147
Impédance. Exemple 149

Chapitre XVIII. Autres antennes UHF 152
Comment augmenter le gain 152
Antenne dipôle bitriangle 153
Triangle avec réflecteur 155
Double et quadruple triangle avec réflecteur 155
Antenne à quatre étages à triangles 156
Gain. Antenne Yagi UHF à plusieurs étages 157

Chapitre XIX. Antennes log-périodiques 160
Généralités. Choix des matériaux 160
Directivité. Caractéristiques générales 161
Antenne à deux nappes à éléments alternés 163
Détermination des angles α et ψ 165
Branchement du câble. Antennes dérivées 169
Antennes toutes bandes 170
Construction de l'antenne log-périodique 173
Assemblage des deux nappes 174
Orientation. Fixation. Bande réduite 175
Antenne zigzag 177
Antennes à ailettes. Antennes pour UHF 179

Chapitre XX. Antennes spéciales longue distance 181
Catégories d'antennes. Réception d'une seule émission 181
Réception de deux émissions 182
Antennés à deux radiateurs 183
Antenne tripôle ....

Chapitre XXI. Antennes toutes directions 182
Antenne tripôle en étoile 182
Antenne à quatre pôles 193
Antennes coniques 195
Calcul des antennes coniques 197
Adaptation 200

Chapitre XXII. Préamplificateur 201
Préamplificateurs pour TV. Emplacement 201
Accord à distance 202
Diodes à capacité variable 203
Bande des pertes 204
Influence de la température 206
Exemples pratiques 209
Préamplificateur bande I-TV 210
Préamplificateur bande III-TV 214
Augmentation de la largeur de bande 215
Préamplificateur UHF pour TV et TV couleur 216
Préamplificateur UHF à deux circuits accordés 218
Mesures 219
Alimentation 220
Branchements 222
Commande simultanée de plusieurs amplificateurs 233
Commande par touches préréglées 224
Amplificateurs multibandes 226
Amplificateurs trois bandes 227

Chapitre XXIII. Antennes UHF à radiateur squelette 229
Antenne 2 fois 12 éléments 229
Construction 232

Chapitre XXIV. Antenne par modulation de fréquence 234
Généralités. Fréquence d'accord 234
Calcul des antennes FM 235
Impédance. Antenne 1 élément 75 Ω 236

Antenne 1 élément 300 Ω 238
Antenne 2 éléments 300 Ω 240
Fixation du bras et du mât 241

Chapitre XXV. Antenne FM à plus de 2 éléments 242
Antenne 2 éléments 75 Ω 242
Antenne 2 éléments avec directeur 242
Antenne 3 éléments 243
Antenne 3 éléments 300 Ω 245
Antenne 4 éléments 75 Ω 247
Antenne 5 éléments 249

Chapitre XXVI. Antennes FM spéciales 250
Antennes de forme spéciale. Antennes dipôles 250
Antennes avec deux radiateurs repliés 252
Antennes avec deux étages, 75 Ω 253
Antennes avec deux étages, 300 Ω 254
Antennes biodirectionnelles 256

Chapitre XXVII. Antennes nouvelles pour chaînes 1, 2 *et* 3 258
Antenne Lambda V 259
Construction. Avantages 261
Diagramme de directivité. Gain et adaptation 262
Filtre pour amplificateurs 265
Caractéristiques 266
Filtre bande I. Filtre bande II 268
Filtre bande III. Filtre bande IV et V 269
Modules amplificateurs 270

Chapitre XXVIII. Antennes sur véhicules 272
Hauteur. Gain. Directivité 274
Réception des canaux TV et FM 275
Solutions 277
Choix des appareils récepteurs 276
Choix des antennes. Antennes télescopiques 279
Antennes omnidirectionnelles 280
Antennes utilisables sur voitures 283
Antennes pour caravanes 283

Chapitre XXIX. Installation des antennes collectives 284
L'installateur. Composition de l'installation collective 284
Variantes diverses 288
Exemple de calcul 289
Amplificateurs 290
Coupleurs et séparateurs 292
Répartiteurs - distributeurs 294

INTRODUCTION
A LA QUATRIEME EDITION

Cet ouvrage s'adresse spécialement aux techniciens désirant réaliser des antennes TV, TV couleur, tous programmes et FM.

Il est exclusivement pratique, toutes considérations théoriques ayant été supprimées de nos textes afin de laisser toute la place nécessaire aux indications numériques des dimensions des antennes, pour tous les cas particuliers.

Un grand nombre de chapitres est consacré aux antennes Yagi, VHF et UHF les plus répandues en France mais nous avons indiqué également dans d'autres chapitres, la construction d'antennes de formes différentes du plus haut intérêt, utilisées d'une manière courante et donnant aussi entière satisfaction dans de cas spéciaux de réception difficile.

La quatrième édition de notre ouvrage contient de nombreux chapitres nouveaux concernant les antennes log-périodiques, antennes toutes directions et tous canaux, antennes colinéaires, antennes squelette, antennes pour chaînes I, II et III, antennes auto-caravane-car pour TV et FM ainsi que la description des préamplificateurs commandés à distance à accord par diodes à capacité variable.

Le présent livre sera aussi utile aux amateurs qu'aux professionnels. Les premiers pourront construire eux-mêmes la plupart des antennes, avec les outils habituels de leur équipement et sans appareils spéciaux de mesure.

F. JUSTER

CHAPITRE I

CARACTERISTIQUES GENERALES DES ANTENNES DE TV, TVC ET FM

A. — Caractéristiques électriques

Une antenne se caractérise par les propriétés électriques suivantes : sensibilité, directivité, accord, largeur de bande, impédance, polarisation.

B. — Caractéristiques physiques

Les caractéristiques physiques d'une antenne sont : sa forme, ses dimensions, son emplacement, son poids et la résistance qu'elle oppose au vent.

C. — Sensibilité

La sensibilité d'une antenne se définit en comparant les performances de l'antenne considérée avec celle d'une antenne prise comme étalon. On mesure la puissance fournie par la première et celle fournie par la seconde, les deux antennes étant placées successivement au même endroit. La sensibilité est le rapport des deux puissances ainsi mesurées, et on considère habituellement, le nombre de décibels de puissance correspondant à ce rapport.

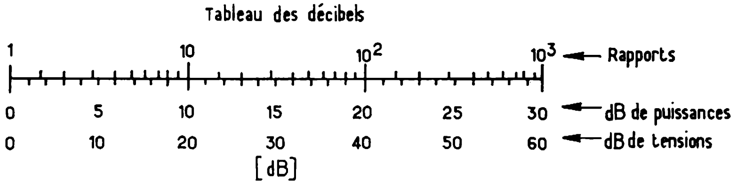


FIG. 1

Ainsi, si, avec l'antenne étalon, on mesure P_1 watts, et avec l'antenne dont la sensibilité est recherchée, on mesure P_2 watts, le rapport des puissances est P_2/P_1 et la sensibilité se définit par :

$$\sigma = 10 \log_{10} (P_2/P_1) \text{ décibels}$$

Soit, par exemple, $P_2/P_1 = 100$. Le logarithme décimal de 100 est 2, on a :

$$\sigma = 20 \text{ décibels}$$

Voici, figure 1, la correspondance entre les rapports des puissances et les décibels. On est ainsi dispensé de tout calcul.

Exemple 1 : le rapport des puissances est 10 fois ; quelle est la sensibilité en décibels ? La figure 1 montre que, pour un rapport de 10 fois, la sensibilité en décibels de puissance est 10 décibels.

Exemple 2 : on indique que la sensibilité d'une antenne est de 17 décibels. Quel est le rapport des puissances correspondant ? Le tableau indique un rapport de 50 fois environ.

Voici encore, sur le tableau I, la correspondance entre les rapports de tensions ou de courants, ceux de puissance et les décibels correspondants.

TABLEAU I

Décibels	Rapports de puissances	Rapports de tensions ou de courants
0	1	1
1	1,259	1,12
2	1,585	1,26
3	2 env.	1,41
4	2,512	1,58
5	3,162	1,78
6	3,981	2
7	5,012	2,24
8	6,310	2,5
9	7,943	2,82
10	10	3,16
11	12,59	3,55
12	15,85	4
13	20 env.	4,5
14	25,12	5
15	31,62	5,62
16	40 env.	6,31
17	50 env.	7 env.
18	63,1	8 env.
19	78,43	8,91
20	100	10

Lorsque les puissances sont mesurées aux bornes d'une résistance, toujours la même pour les antennes comparées, on peut indiquer la sensibilité des antennes en rapports de tensions ou en décibels de tensions.

Soit, par exemple, E_1 la tension aux bornes d'une résistance R, correspondant à l'antenne étalon, et E_2 la tension aux bornes de R, correspondant à l'antenne dont on veut mesurer la sensibilité. On a :

$$\text{Sensibilité} = \frac{E_2}{E_1}$$

et, en décibels de tensions :

$$\sigma' = 20 \log_{10} \frac{E_2}{E_1}$$

D'autre part,

$$P_1 = \frac{E^2_1}{R} \qquad P_2 = \frac{E^2_2}{R}$$

donc

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{E_2}{E_1}\right)^2$$

et

$$\sigma = 10 \log_{10} \left(\frac{E_2}{E_1}\right)^2 = 20 \log_{10} \frac{E_2}{E_1} = \sigma'$$

$$\text{ou } \sigma = \sigma'$$

On voit que la sensibilité exprimée en décibels correspond en même temps aux rapports de tensions et aux rapports de puissances.

Comme étalon, on a adopté universellement l'antenne rectiligne dipôle demi-onde, dont nous donnerons la description complète au chapitre IV.

D. — Directivité

L'antenne étant placée convenablement, de façon que le maximum de puissance soit recueilli, on constate que la puissance varie lorsque l'antenne tourne autour d'un axe vertical. Supposons que l'émetteur est dans la direction Nord et que l'antenne MN est orientée Ouest-Est lorsque le maximum de puissance est recueilli (fig. 2).

Tournons l'antenne autour d'un axe vertical et perpendiculaire au plan de la figure, supposé horizontal.

Lorsque l'antenne est dirigée, comme l'indique la figure 2, on mesure 1 000 µV par exemple.

Pour une position décalée d'un angle de 30°, on mesure 750 µV.

Pour une position décalée de 60°, 500 µV ; pour 90°, 0 µV ; pour 150°, 500 µV, et ainsi de suite.

On peut ainsi tracer des courbes qui indiquent la tension recueillie en fonction de l'angle que fait l'antenne avec la position fournissant le maximum de tension.

Ces courbes sont connues sous le nom de courbes ou diagrammes de directivité.

On voit immédiatement que, si l'antenne est tournée à angle droit de la position optimum, on ne reçoit rien.

Si elle est tournée de 180°, on reçoit tout autant qu'en position optimum.

Bien entendu, la courbe de la figure 2 est donnée à titre d'exemple, car, pour chaque type d'antenne, il y a une courbe bien déterminée.

La directivité est une propriété très importante, car elle permet d'éliminer totalement ou partiellement la réception d'une émission indésirable. Une antenne à directivité poussée reçoit aussi moins de parasites.

Les courbes, telles que celles de la figure 2, ayant des formes ovales, sont désignées encore sous le nom de *lobes*.

Plus un lobe est étroit, plus l'antenne est sélective au point de vue directivité.

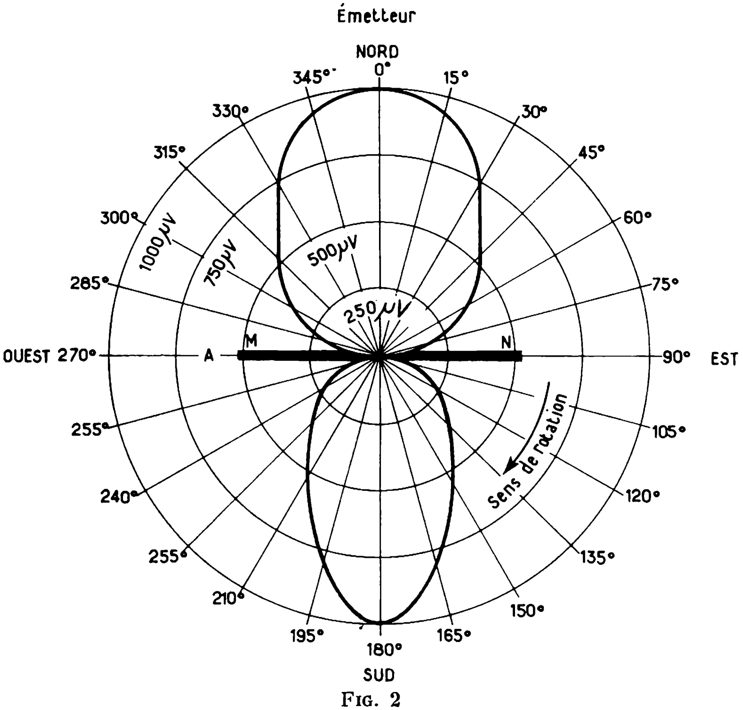


Fig. 2

Il existe des courbes à un, deux et plusieurs lobes. La forme de la courbe de directivité dépend de la forme, des dimensions de l'antenne et de la façon dont on la place dans l'espace.

Une antenne dont la sensisiblité est la même dans toutes les directions est dite *omnidirectionnelle* et sa courbe de directivité est une circonférence.

E. — Accord et largeur de bande

Une antenne de télévision peut être établie soit par une seule émission, soit par toute une gamme de fréquences comportant plusieurs émissions.

Dans le premier cas, il s'agit d'antennes à bande étroite et, dans le second, à bande large.

On sait que la largeur de bande indispensable à la bonne réception d'un émetteur déterminé est indiquée par le standard de cet émetteur.

Ainsi : pour les émissions du standard anglais à 405 lignes, la bande doit être de 4 MHz environ.

D'une manière générale, la bande à recevoir par l'antenne est de *10 à 30 % supérieure à la différence entre les fréquences porteuses son et image.*

Pour les émissions du standard 819 lignes français, de 11 à 15 MHz.

Comme les dimensions de l'antenne se calculent en fonction de la longueur d'onde λ, on déterminera celle-ci très facilement par la formule pratique :

$$\lambda = \frac{300}{f} \text{ mètres}$$

avec f en MHz.
f étant la fréquence médiane de la bande à recevoir.

$$\text{Exemple : } f = 180 \text{ MHz}, \ \lambda = \frac{300}{180} = 1{,}66 \text{ m ;}$$

Si l'antenne doit recevoir plusieurs émissions, la bande de l'antenne doit comprendre les bandes de chaque émetteur.

Ainsi, supposons que, pour l'émetteur 1, la bande soit comprise entre 60 et 67 MHz, et pour l'émetteur 2 elle soit comprise entre 82 et 89 MHz. La bande de l'antenne sera comprise entre 60 et 89 MHz. On a donc : B = 89 — 60 = 29 MHz, et le milieu de cette bande est 60 + 14,5 = 74,5 MHz. C'est pour cette fréquence que l'on détermine la longueur d'onde λ.

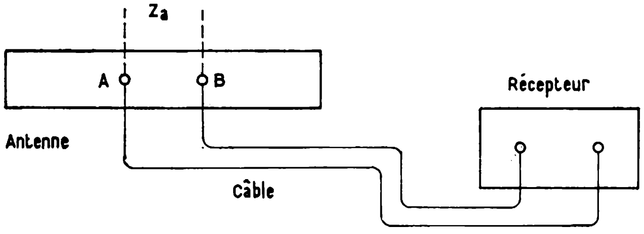


FIG. 3

F. — Impédance

Une antenne de télévision comporte deux bornes de branchement au câble qui transmettra la puissance captée au récepteur.

D'une manière générale, nous représenterons une antenne sous la forme symbolique de la figure 3. Les points A et B sont les bornes de l'antenne. Entre ces bornes, l'antenne présente une certaine impédance

que nous désignerons par Z_a. Des valeurs usuelles de Z_a sont 75, 150 et 300 Ω, mais il existe des antennes présentant des impédances très diverses jusqu'à plusieurs milliers d'ohms.

L'impédance se compose d'une composante réactive X et d'une composante résistive R. C'est R qui doit prédominer dans Z. Par la suite, nous désignerons par « impédance » Z_a la composante résistive R.

D'autre part, tout récepteur de télévision possède une entrée à laquelle on connecte le câble dont l'autre extrémité est reliée aux bornes A et B de l'antenne.

L'entrée du récepteur présente une impédance Z_R qui est généralement normalisée dans chaque pays. En France, on trouve le plus souvent $Z_R = 75$ Ω. Dans d'autres pays, la valeur de Z_R est 60, 75, 240 et surtout 300 Ω.

Le câble de liaison est à deux conducteurs et il possède une impédance caractéristique Z_C qui est indiquée par son fabricant. On peut ainsi se procurer des câbles dont l'impédance ait une valeur déterminée, par exemple $Z_C = 75$ Ω.

G. — Adaptation.

Pour que le maximum de puissance soit transmis des bornes AB de l'antenne aux bornes d'entrée du récepteur, il faut qu'il y ait *adaptation* de l'antenne au poste.

Cette adaptation s'obtient de deux manières :

1° - L'impédance de l'antenne est égale à celle du récepteur. Dans ce cas, on utilise un câble ayant la même impédance, de sorte que l'on a :

$$Z_a = Z_C = Z_R$$

2° - L'impédance de l'antenne Z_a est différente de l'impédance Z_R du poste. Dans ce cas, on utilise un dispositif de transformation de l'impédance Z_a de l'antenne, de façon à la ramener à la même valeur que l'impédance Z_R du récepteur de télévision. Ceci étant obtenu, on adopte un câble ayant la même impédance que le récepteur.

H. — Polarisation

Les ondes électromagnétiques émises par les émetteurs créent deux champs, l'un électrique et l'autre magnétique, qui sont perpendiculaires. L'un est vertical et l'autre horizontal.

Si le champ électrique est vertical, on dit que les ondes sont polarisées verticalement. Dans ce cas, l'antenne se place en général verticalement.

Si le champ électrique est horizontal, on dit que les ondes sont polarisées horizontalement et on dispose l'antenne horizontalement.

I. — Caractéristiques physiques

Chaque antenne a une *forme* déterminée qui *ne dépend pas de la fréquence*. Seules les *dimensions* sont imposées par la fréquence et le but de cet ouvrage est d'indiquer au lecteur comment les déterminer en fonction des performances que l'on désire obtenir et des émetteurs à recevoir.

CHAPITRE II

CABLES ET LIGNES DE TRANSMISSION

A. — Installation d'une antenne

Une antenne et un appareil excellents ne suffisent pas pour constituer un ensemble parfait de réception.

Il est de la plus haute importance de bien adapter l'antenne au circuit d'entrée du récepteur.

L'adaptation consiste dans le choix judicieux des impédances d'antenne, d'entrée du récepteur et de l'organe de liaison entre l'antenne et le récepteur.

En général, l'antenne est distante du récepteur. Si elle est intérieure, la distance entre les bornes de branchement de l'antenne et celles d'entrée du récepteur peut être de l'ordre du mètre.

Dans la plupart des cas, une antenne intérieure ne peut être adoptée, soit parce que le champ est faible à l'intérieur de l'immeuble, soit parce qu'il n'y a pas de place pour la loger. Il en résulte l'obligation d'utiliser un câble de liaison de 3 à 100 mètres suivant le cas.

Cette disposition présente, au point de vue du rendement, des avantages et des inconvénients.

Les avantages sont évidents : une antenne extérieure peut être montée sur le toit ou sur un mât, donc à grande hauteur. De plus, l'antenne peut être à plusieurs éléments. Le rendement sera donc amélioré et on « gagnera de nombreux décibels ». L'inconvénient réside dans la longueur du câble, qui provoque des pertes de décibels. L'art de l'installateur est d'établir l'ensemble de telle façon que le gain soit supérieur à la perte.

Une solution consiste à installer l'antenne extérieurement, mais tout près du poste, par exemple devant la fenêtre ou sur un balcon. Le câble sera court, le montage simple et économique, et le rendement satisfaisant si l'appartement est situé dans un étage élevé.

Nous conseillons aux techniciens, avant d'entreprendre l'installation, sur le toit, d'une antenne, de s'assurer préalablement si une antenne intérieure ou une antenne de fenêtre ou balcon ne donne pas satisfaction.

Le type d'antenne étant déterminé, l'installation devra être effectuée suivant toutes les règles de l'art, aussi bien au point de vue radioélectrique (en particulier de l'adaptation comme nous venons de le dire plus haut) qu'à celui de la mécanique : fixation solide, jonctions cor-

rectes et faciles à faire et à défaire. Cela implique des accessoires sérieusement étudiés. De plus, ceux qui seront exposés à l'air libre devront résister aux agents atmosphériques : froid, chaleur, vent, pluie, humidité.

B. — Câbles d'antenne

Le câble à deux conducteurs peut être coaxial ou bifilaire, blindé ou non.

La figure 1 montre un câble coaxial qui se compose d'un fil conducteur central, d'une gaine isolante protégeant l'ensemble mécaniquement et électriquement. Ce câble est bien à deux conducteurs, l'un étant le fil central, l'autre la tresse.

Un tel câble est asymétrique, tandis qu'un câble constitué par deux fils torsadés, par exemple, serait un câble symétrique, les deux fils étant interchangeables.

C. — Grandeurs caractéristiques d'un coaxial

Voici quelques grandeurs qui caractérisent un coaxial du genre de celui de la figure 1. Entre le fil central et la tresse, il existe une capacité. Cette capacité est évidemment proportionnelle à la longueur du câble. Elle dépend, comme celle de tout condensateur, des surfaces des armatures en présence, autrement dit des diamètres du conducteur et de la tresse métallique ainsi que de la nature du diélectrique, en l'espèce la gaine isolante séparant le fil central de la tresse métallique.

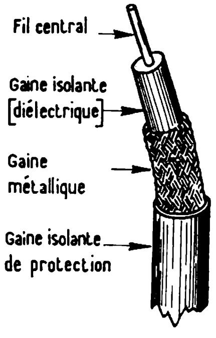


FIG. 1

La capacité d'une longueur déterminée de câble se mesure comme toutes les capacités, mais on considère en général la capacité par unité de longueur par exemple par mètre.

De même, par unité de longueur, il existe une self-induction, que l'on désigne par L.

L'impédance d'un câble se définit par la formule :

$$Z_C = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

On voit que Z_C *ne dépend pas de la longueur du câble, ni de la fréquence,* mais seulement de la nature de ses éléments constituants.

Z_C se mesure en ohms lorsque L est mesurée en henrys et C en farads. On peut aussi mesurer L en microhenrys et C en microfarads pour obtenir Z_C également en ohms.

D. — Détermination de Z_C

D'après la formule donnée plus haut, il est clair que si l'on connaît deux des quantités L, C, Z_C, on peut calculer la troisième. L'impédance Z_C dépend de la constitution du câble : conformation physique et caractéristiques du diélectrique qui sépare le fil intérieur de la gaine métallique extérieure. Si le diélectrique est l'*air,* on a (voir fig. 2) :

$$Z_C = 138 \log \frac{D}{d}$$

formule dans laquelle le logarithme est pris dans la base 10 (logdécimal) D = diamètre intérieur de la gaine et d = diamètre du fil central (fig. 1 et 2). Les diamètres D et d peuvent être mesurés avec n'importe quelle unité : centimètre, millimètre, inch, etc., car seul leur rapport intervient dans la formule.

Pour éviter les calculs, voici figure 3 une courbe donnant Z_C en fonction de D/d.

Soit, par exemple, un câble dont le diamètre du fil central est 1 mm et l'impédance $Z_C = 75\ \Omega$. Quel doit être le diamètre intérieur de la gaine ? La courbe de la figure 3 indique que pour $Z_C = 75\ \Omega$ le rapport D/d est égal à 3,5.

Comme $\frac{D}{d} = 3{,}5$, il résulte que D = 3,5 d = 3,5 mm.

Soit encore le cas de D = 10 mm, d = 0,5 mm. Quelle est la valeur de Z_C ?

On a : D/d = 10/0,5 = 20. Pour D/d = 20, on trouve à l'aide de la figure 3, $Z_C = 180\ \Omega$.

On retiendra que plus D/d est grand, plus l'impédance augmente.

Si le diélectrique est différent de l'air et remplit uniformément l'espace cylindrique entre le fil central et la gaine, l'impédance est donnée par la formule :

$$Z_C = \frac{138}{\sqrt{\varepsilon}} \log (D/d)$$

dans laquelle ε est la constante diélectrique de l'isolant utilisé comme

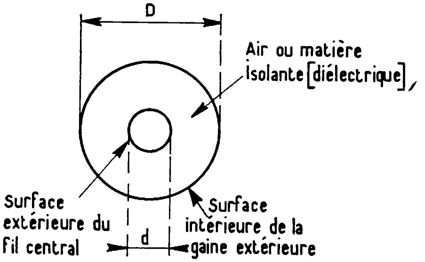


FIG. 2

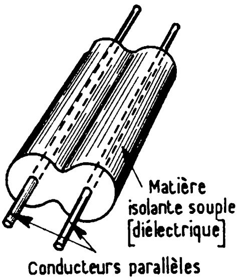


FIG. 4

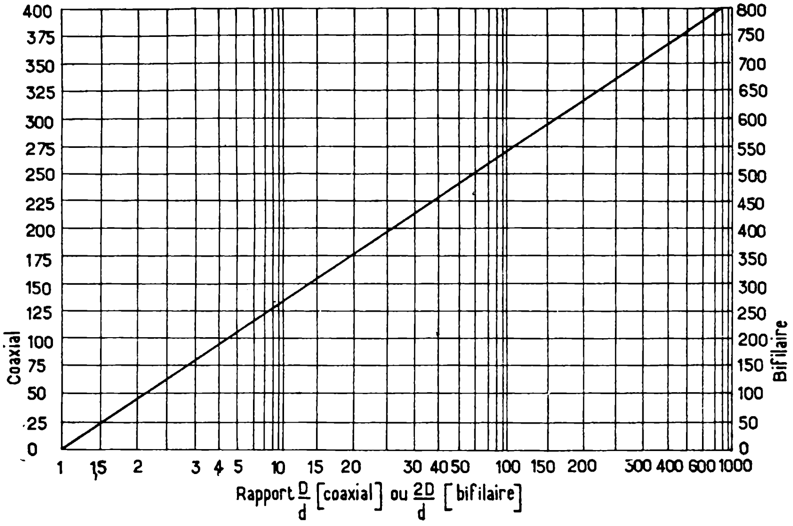


FIG. 3

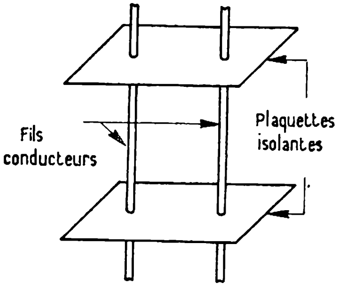


FIG. 5

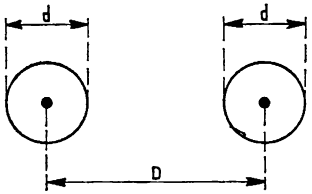


FIG. 6

diélectrique. Il est clair que pour l'air $\varepsilon = 1$. Pour d'autres isolants, la constante est supérieure à l'unité et, de ce fait, à dimensions physiques égales, Z_C devient plus faible.

Voici tableau I, quelques valeurs de ε et de $\sqrt{\varepsilon}$:

TABLEAU I

DIÉLECTRIQUE	ε	$\sqrt{\varepsilon}$
Ambre	2,9	1,7
Acétate de cellulose	6 à 8	2,44 à 2,82
Fibre	4 à 5	2 à 2,23
Verre ordinaire	7	2,64
Mica	7 env.	2,64 env.
Micalex	6 à 8	2,44 à 2,82
Phénol pur	5	2,23
Porcelaine	6,5 à 7	2,54 à 2,64
Quartz fondu	4,2	2,04
Stéatite	6,1	2,46
Styrène	2,4 à 2,9	1,54 à 1,7
Vynile	4 env.	2 env.
Polystirène	2 env.	1,42 env.
Isolantite	6,1	2,46
Trolitul	7	2,64
Polyéthylène	2,25	1,5

Soit, par exemple, le cas d'un isolant ayant $\varepsilon = 4$. La valeur de Z_C sera deux fois plus faible que si le diélectrique était l'air.

E. — Câbles bifilaires

Un câble bifilaire non blindé se présente comme le montre la figure 4. Deux fils intérieurs sont maintenus à égale distance, soit par une matière isolante formant ruban souple, soit par des plaquettes isolantes (fig. 5).

Si les fils sont assez courts et suffisamment rigides, ils peuvent être maintenus parallèles, simplement en fixant solidement leurs extrémités.

Le bifilaire peut être à diélectrique air ou à diélectrique constitué par une matière isolante comme le coaxial. Dans le *cas du diélectrique air,* l'impédance caractéristique d'un câble bifilaire est :

$$Z_C = 276 \log \left(\frac{D}{d} + \sqrt{\frac{D^2}{d^2} - 1} \right)$$

Si D est supérieur à 10 d, on peut se servir de la formule approchée

$$Z_C = 276 \log \frac{2D}{d}$$

qui est encore utilisable lorsque $D > 3$ d.

Si le diélectrique est différent de l'air, la formule ci-dessus est remplacée par la suivante :

$$Z_C = \frac{276}{\sqrt{\varepsilon}} \log \frac{2\,D}{d}$$

Dans ces formules, D est la distance d'axe en axe des deux fils, et d est leur diamètre (voir **figure 6**).

Le calcul peut être évité en se servant de la courbe de la figure 3 (avec les ordonnées de droite), valables pour diélectrique air.

Si le diélectrique est différent, on divisera le résultat obtenu par $\sqrt{\varepsilon}$, dont la valeur est donnée par le tableau I.

Exemple : un câble bifilaire se compose de deux fils parallèles plongés dans l'air, dont le diamètre d = 1 cm et leur distance D = 3 cm. Quelle est l'impédance caractéristique Z_C ?

La courbe de la figure 3 indique que, pour $\frac{2\,D}{d} = 6$, la valeur de Z_C est de 220 Ω environ.

Exemple 2 : Un câble se compose de deux fils de 1 mm de diamètre, distants de 10 mm et enrobés d'une matière isolante comme le polythène. Quelle est l'impédance de ce câble ?

On a : d = 1, D = 10, 2 D = 20, et 2 D/d = 20.

L'impédance dans l'air est, d'après la courbe, 350 Ω. Pour le polythène le tableau I indique que $\sqrt{\varepsilon} = 1{,}5$. L'impédance est donc :

$$Z_C = \frac{350}{1{,}5} = 233\ \Omega$$

Exemple 3 : On possède deux tubes de 8 mm de diamètre. On veut constituer avec ces tubes un câble bifilaire à diélectrique air, dont l'impédance soit de 150 Ω. Quelle est la distance entre les tubes ?

La courbe montre que pour 150 Ω, on a 2 D/d = 3,5. Il résulte que : 2 D = 3,5 . 8 mm = 28 mm et D = 14 mm.

La distance d'axe en axe des deux tubes est donc de 14 mm, ce qui laisse entre eux un espace de 6 mm.

CHAPITRE III

METHODES GENERALES DE CONSTITUTION DES ANTENNES

A. — Antennes élémentaires et antennes composées

On dit qu'une antenne est élémentaire ou encore qu'elle se compose uniquement d'un élément *radiateur* lorsqu'elle ne comporte que les brins auxquels on connecte le câble de liaison. La figure 1 montre une antenne demi-onde rectiligne dit aussi dipôle demi-onde.

Une antenne rectiligne demi-onde se compose de deux brins disposés en prolongement l'un de l'autre, chacun ayant une longueur $\lambda/4$ environ ; par exemple, pour f = 180 MHz, chaque brin sera long de 41,5 cm environ.

Les émissions de télévision s'effectuent sur les fréquences comprises entre 40 et 250 MHz. Nous avons indiqué précédemment comment se calcule λ en fonction de f.

Voici, tableau I, quelques valeurs numériques de λ, lorsque f varie entre 40 et 250 MHz.

TABLEAU I

f(MHz)	λ (m)	f(MHz)	λ (m)	f(MHz)	λ (m)
40	7,5	110	2,727	210	1,43
42	7,14	120	2,5	220	1,36
46	6,52	130	2,3	230	1,3
48	6,25	150	2	240	1,25
50	6	140	2,14	250	1,2
60	5	160	1,87	260	1,15
70	4,29	170	1,76	270	1,11
80	3,75	180	1,66	280	1,07
90	3,33	190	1,57	290	1,03
100	3	200	1,5	300	1

Une autre antenne dipôle est l'antenne repliée qui est montrée par la figure 2. On la nomme aussi antenne *folded* (replié en anglais) ou antenne trombone à cause de sa forme qui rappelle l'instrument à vent bien connu. Dans cette antenne, les points A et B sont aux extrémités du tube unique, replié deux fois.

Les plis peuvent être à angle droit, comme on le voit sur le figure 3. La *double folded* ou *double replié* est représentée par la figure 4.

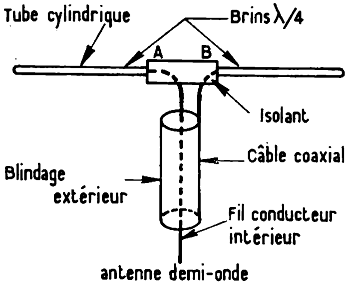


FIG. 1

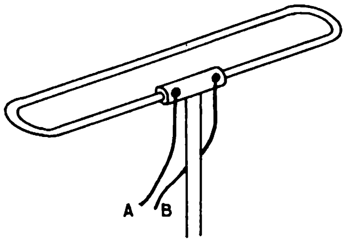


FIG. 2

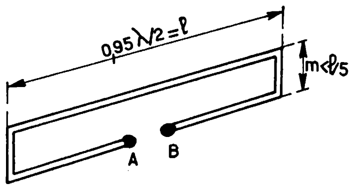


FIG. 3

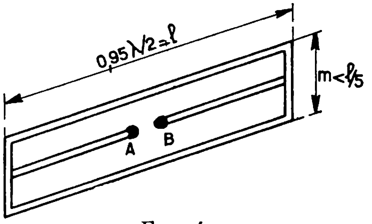
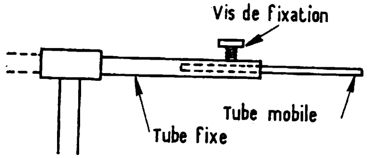
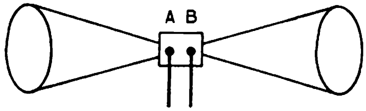


FIG. 4



Antenne demi-onde de longueur réglable

FIG. 5



Antenne cage ou conique

FIG. 6

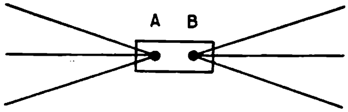


FIG. 7

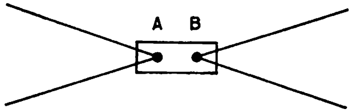


FIG. 8

Ces trois radiateurs sont parmi les plus répandus. On peut cependant adopter d'autres formes de radiateurs, qui ont chacun un intérêt spécial grâce à leurs propriétés de directivité, de largeur de bande et surtout à leur impédance.

Au lieu de tubes de longueur fixe, on utilise parfois, des tubes coulissants comme ceux des antennes d'auto, de sorte qu'il soit possible de modifier la longueur de l'antenne et de l'adapter à plusieurs émissions s'effectuant sur des fréquences différentes.

La figure 5 montre le côté droit d'une telle antenne.

Voici, maintenant, figure 6 l'antenne conique, figure 7 l'antenne conique composée de plusieurs génératrices seulement, figure 8 l'antenne en V, figure 9 l'antenne papillon. Toutes ces antennes élémentaires ou *radiateurs* seront étudiées en détail par la suite.

B. — Antennes avec éléments parasites

On améliore le rendement d'une antenne demi-onde en lui adjoignant des éléments dits parasites. Ce sont des éléments droits, parallèles à l'antenne et ayant une longueur de l'ordre de $\lambda/2$. Ils sont disposés à des distances convenables de l'antenne élémentaire (radiateur). Ces éléments parasites peuvent être en grand nombre et se nomment réflecteurs ou directeurs.

La figure 10 montre une antenne qui se compose d'un radiateur replié « Rad » et de trois éléments parasites D, D' et « Refl ». Les éléments D_1 et D_2 sont les *directeurs,* et l'élément placé du côté opposé est le réflecteur.

En général, il n'y a qu'un seul réflecteur et un ou plusieurs directeurs. La figure 11 montre une antenne comportant un radiateur replié, un réflecteur et huit directeurs.

C. — Antennes à plusieurs étages ou nappes

Des ensembles composés de radiateurs seuls ou de radiateurs avec éléments parasites constituent des antennes à un seul étage, comme celles des figures 1 à 11.

On peut placer des ensembles identiques les uns sous les autres et constituer des antennes à plusieurs étages. La figure 12 montre deux étages, chacun analogue à l'antenne de la figure 11.

La figure 13 représente une antenne à deux étages, chacun comportant un radiateur en V et un réflecteur également en forme de V.

Les étages sont réunis électriquement en connectant un câble de caractéristiques convenables entre les points de branchement A et B des différents étages.

D. — Méthodes de comparaison des antennes

La plupart des téléviseurs construits en France même ceux pour la réception multi-standard sont prévus pour une antenne de 75 Ω et, dans ce but, l'impédance est également de 75 Ω.

On prendra, dans ce cas, comme antenne de comparaison, un dipôle rectiligne sans aucun directeur ni réflecteur. Ce dipôle demi-onde a une impédance de 75 Ω.

Au cas où le poste présenterait une impédance de 300 Ω à l'entrée, on utilisera un dipôle replié normal, qui possède une impédance de même valeur.

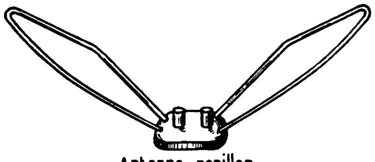


FIG. 9

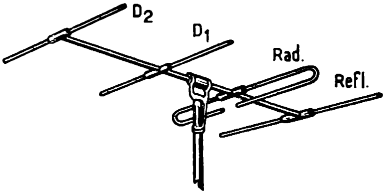


FIG. 10

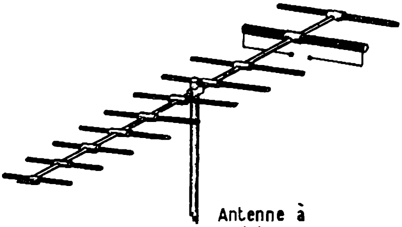


FIG. 11

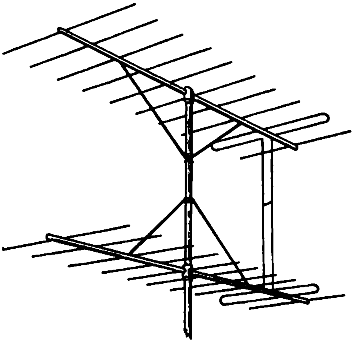


FIG. 12

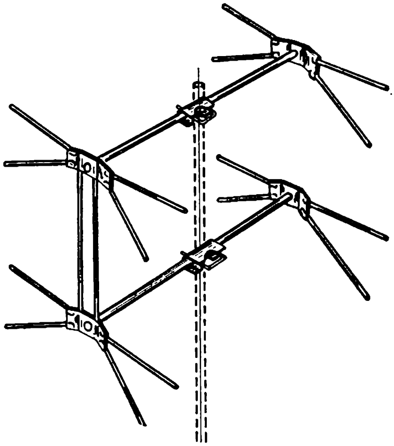


FIG. 13

L'antenne à comparer doit répondre aux conditions suivantes :
a) posséder la même impédance que l'antenne étalon ;

b) être orientée, comme l'antenne étalon, de façon à recueillir le maximum d'énergie ;

c) être disposée exactement à la place de l'antenne étalon ;

d) être connectée au poste (ou à l'appareil de mesure de champ) par un câble de même longueur que celui ayant servi à l'autre antenne et disposé de la même façon.

Les essais doivent être effectués très rapidement, étant donné que le champ de l'émetteur, servant de source d'énergie recueillie par les antennes, peut varier pendant les mesures.

Il est conseillé d'effectuer plusieurs mesures en alternant l'antenne à essayer avec l'antenne étalon. On pourra, par exemple, faire trois mesures avec l'étalon et trois mesures avec l'antenne à essayer. On fera la moyenne des mesures ainsi effectuées. Le fait de trouver des résultats trop différents pour la même antenne prouvera que le champ varie trop au moment où l'on effectue les mesures, et on les recommencera à une époque plus favorable, par exemple, une autre heure de la journée ou même un autre jour.

Pour traduire en chiffres les performances d'une antenne, on utisera un mesureur de champ ou encore, le récepteur de télévision lui-même.

Soit E_1, la tension lue sur l'instrument de mesure, correspondant à l'étalon, soit E_2 la tension correspondant à l'antenne à comparer, leur rapport est :

$\frac{E_2}{E_1}$ et les décibels X ont pour valeur : $X = 20 \log_{10} \frac{E_2}{E_1}$

On peut d'ailleurs trouver la valeur de X en fonction du rapport de tensions E_2/E_1 dans des tables. (Voir tableau I, chapitre I.)

Remarquons que si l'on mesure les puissances dissipées dans une résistance déterminée R, on trouve la même valeur de X comme nous l'avons montré au chapitre 1, § C.

Voici comment on peut réaliser un mesureur de champ avec un téléviseur : un output-meter sera placé à la sortie de l'amplificateur VF et celui-ci indiquera les tensions correspondant aux antennes comparees.

Pour que cette mesure ait un sens, il faut l'effectuer pendant une émission d'image fixe, par exemple pendant l'émission d'une mire.

Il est également possible de monter un voltmètre à lampe aux bornes du circuit de sortie de la séparatrice.

On peut évidemment comparer deux antennes pour se rendre compte de leurs performances sur la fréquence correspondant à l'émission de son.

On procédera comme précédemment, mais l'instrument ou l'appareil de mesure sera disposé dans un circuit de récepteur de son, par exemple aux bornes de la bobine mobile du haut-parleur. L'expérience s'effectuera pendant la transmission d'une seule note et non pas au cours d'une transmission de musique ou de parole.

CHAPITRE IV

RADIATEURS DIPOLES DEMI-ONDE

A. — Antenne rectiligne dipôle

On réalise cette antenne avec deux tubes d'aluminium ou de duralumin. Des tubes en cuivre ou en laiton conviendront aussi bien mais coûtent plus cher et sont beaucoup plus lourds.

Les tubes sont réunis par une pièce isolante en bakélite, ébonite, stéatite ou tout autre isolant de bonne qualité courante. Sur la partie isolante, on prévoit deux cosses à souder, chacune étant en contact électrique avec un tube. A ces cosses, on connecte le câble de descente.

La figure 1 montre cette antenne avec les indications des dimensions. Celles-ci dépendent de la fréquence f *milieu de la bande à recevoir et non fréquence porteuse de l'émetteur.* Dans le cas de l'émission de Paris à 819 lignes, la bande doit s'étendre de 174,1 MHz à 185 MHz, de manière à inclure l'émission de son et celle d'image. Le milieu de cette bande est 0,5 (185 + 174,1) = 179,55 MHz. On peut, sans inconvénient, prendre 180 MHz au lieu de 179,55 MHz.)

La longueur d'onde correspondante est :

$$\lambda = \frac{300}{180} = 1{,}66 \text{ m}$$

La longueur totale de l'antenne est $l = 0{,}95\ \lambda/2 = 0{,}95.83 = 78{,}85$ cm que l'on peut arrondir à 79 cm ou à 78 cm sans inconvénient. La valeur de a doit être aussi faible que possible et ne pas être supérieure à 1/50, soit dans le présent exemple, inférieure à 3,5 cm environ. Le diamètre des tubes varie entre 8 mm et quelques centimètres.

L'impédance de cette antenne est de 75 Ω environ.

Il convient donc de lui connecter un câble de 75 Ω du type coaxial. Le fil intérieur sera connecté à l'une des cosses, la gaine métallique extérieure à l'autre cosse. La figure 2 montre le diagramme de directivité. Le maximum d'énergie est recueilli par l'antenne lorsque celle-ci est perpendiculaire à la droite qui réunit l'émetteur au récepteur. Sur notre figure, en supposant que cette ligne est dirigée suivant l'axe 180°-0°, l'antenne serait dirigée suivant l'axe 90°-270°.

La symétrie du diagramme montre que le mode de connexion du câble aux deux cosses est indifférent.

De plus, il est indifférent que l'émetteur se trouve dans la direction 0° ou dans la direction 180°. L'antenne est bidirectionnelle.

Le câble représenté sur la figure 1 est un coaxial, mais un câble bifilaire de 75 Ω conviendrait mieux pour des raisons de symétrie bien que les résultats satisfaisants soient obtenus avec un coaxial.

B. — Antenne repliée

La figure 3 montre une antenne repliée (folded, trombone). Les plis peuvent être également en angle droit. Les dimensions *l*, a et b sont les mêmes que dans l'antenne rectiligne. L'écartement g est indifférent à condition de ne pas dépasser 0,05 λ. L'impédance de cette antenne est de 300 Ω environ. On la connecte généralement avec un câble bifilaire. Le diagramme de directivité est celui de la figure 2. *La sensibilité est la même que celle de l'antenne rectiligne.*

Cette antenne peut se connecter par un câble de 300 Ω à une entrée de poste de 300 Ω également.

Les antennes des figures 1 et 3 peuvent se placer soit horizontalement (cas des émissions à polarisation horizontale) soit verticalement (en des émissions à polarisation verticale).

La figure 4 montre une antenne rectiligne placée verticalement.

C. — Antenne repliée à impédance ajustable

On sait que l'antenne demi-onde rectiligne non repliée a une impédance de 75 Ω environ et l'antenne correspondante repliée 300 Ω.

Lorsqu'on ajoute des éléments parasites, réflecteurs ou directeurs en grand nombre, l'impédance de l'ensemble diminue considérablement et peut descendre à quelques ohms. Il est alors malaisé d'effectuer l'adaptation à un entrée de poste de télévision, prévue pour 75 Ω ou 300 Ω, bien que cela soit évidemment possible en utilisant des dispositifs de transformation d'impédance, comme ceux que nous décrirons plus loin. Il est nécessaire, en adoptant ces méthodes, de disposer de câbles d'impédance non standard, qui peuvent être difficiles à trouver dans le commerce.

De même, lorsqu'on réalise des antennes à plusieurs étages, l'impédance résultante est réduite par le nombre des étages. Ainsi, si l'on part d'une antenne de 75 Ω, avec n étages, l'impédance devient plus faible et il est nécessaire à nouveau de la ramener à 75 Ω.

En remplaçant l'antenne rectiligne de 75 Ω par une antenne repliée, on multiplie l'impédance par quatre fois environ, mais ce facteur est fixe et oblige à prévoir un ensemble possédant une impédance de 75/4 avec le dipôle rectiligne. Il faut, dans ces conditions, utiliser le dipôle replié spécial dont les diamètres des tubes sont différents (voir figure 5).

Si le diamètre de la partie coupée en deux est plus faible que celui de la partie non coupée, l'impédance est plus grande que 300 Ω et varie avec le rapport D/d_2 et le rapport d_2/d_1, D étant la distance entre les deux tubes et d_1 et d_2 leurs diamètres.

Les variations du rapport multiplicateur N, en fonction des rapports d_2/d_1 sont indiquées par les abaques de la figure 6, qui permettent de déterminer les dimensions d'une antenne à tubes de diamètres inégaux possédant l'impédance désirée.

En pratique, les deux pièces C, réunissent les tubes, comme le montre, schématiquement la figure 5.

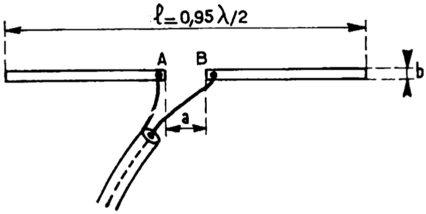


FIG. 1

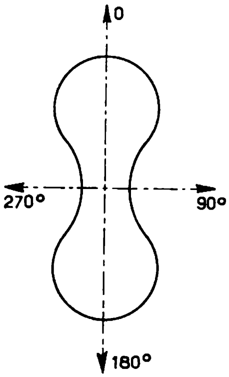


FIG. 2

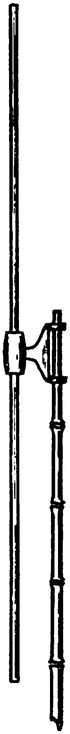


FIG. 4

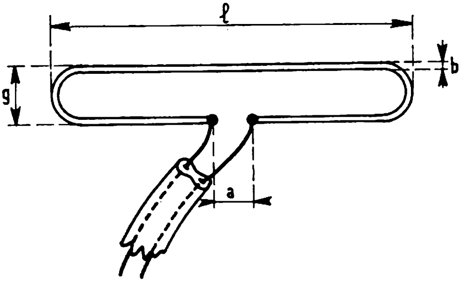


FIG. 3

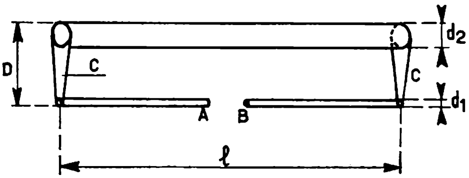


FIG. 5

D. — Utilisation des abaques

Pour se servir des abaques des figures 6A et 6B, on procède comme suit :

1° On connaît :

Z_1 = impédance de l'antenne, dont l'élément dipôle est rectiligne ;

Z_2 = impédance que l'on veut obtenir en remplaçant le dipôle rectiligne par le folded spécial ;

d_1 et d_2, diamètres de tubes dont on dispose.

2° On calcule $N = Z_2/Z_1$.

3° On fixe un rapport $\alpha = d_2/d_1$ suivant les tubes dont on dispose.

4° On part de la valeur de d_2/d_1 sur l'horizontale qui rencontre l'oblique N désirée ce qui détermine un point. On descend de ce point jusqu'à l'échelle horizontale qui donne $2\ N/d_2$.

E. — Exemple numérique

Une antenne déterminée comportant un radiateur rectiligne et des élements parasites possède une impédance Z_1 de 10,5 Ω.

On veut que l'impédance devienne $Z_2 = 75$ Ω. Quelles sont les caractéristiques du radiateur replié qui remplacera le radiateur rectiligne ? On procède suivant la méthode indiquée plus haut :

1° On connaît $N = 75/10{,}5 = 7{,}15$ que nous arrondirons à 7. On dispose de tubes de 10 mm et de 30 mm de diamètre, ce qui conduit à utiliser le premier pour la partie coupée et le second pour la partie non coupée.

2° Le rapport α, d'après la figure 6 A, est égal à :

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{30}{10} = 3$$

Comme N = 7 on obtient le point P qui correspond à $\beta = \dfrac{2\ D}{d_2} = 6$ donc $2\ D = 6 \times 30 = 180$, D = 90 mm = 9 cm.

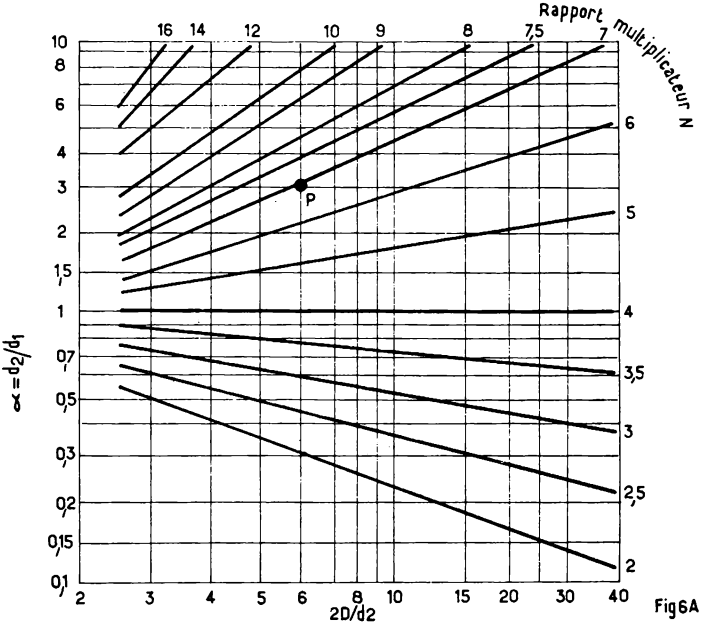
G. — Formule du dipôle à impédance ajustable

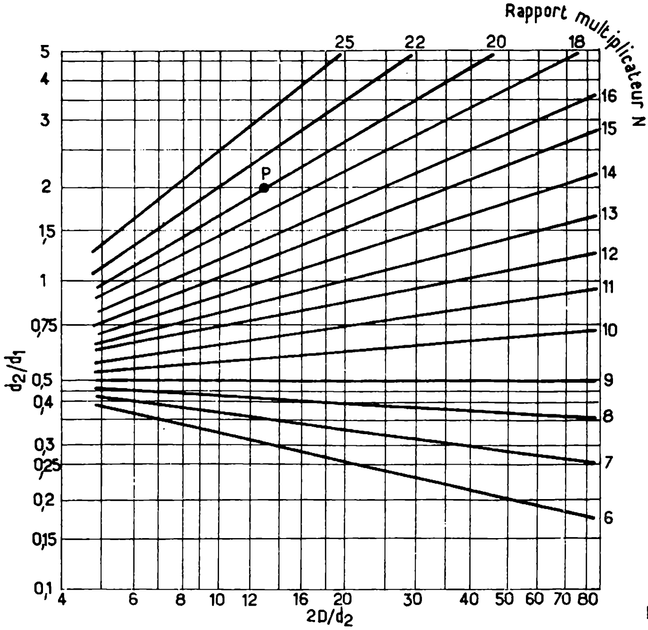
Rappelons à ceux qui aiment la précision, que l'abaque de la figure 6 A est basé sur la formule :

$$N = \left[\frac{\log \dfrac{4\ D^2}{d_1\ d_2}}{\log \dfrac{2\ D}{d_2}} \right]^2$$

L'abaque figure 6 A permet par la même méthode de déterminer les valeurs de D lorsque $d_1 > d_2$.

Soit à trouver, par exemple, l'écartement D pour obtenir une antenne de 150 Ω. On a 150 = 75. N, d'où N = 2.


Rapport multiplicateur N
16
14
12
10
9
8
7,5
7
6
5
4
3,5
3
2,5
2
10
8
6
4
3
2
1,5
1
0,7
0,5
0,3
0,2
0,15
0,1
α = d2/d1
P
2
3
4
5
6
8
10
15
20
30
40
2D/d2
Fig 6A


Rapport multiplicateur N
25
22
20
18
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1,5
1
0,75
0,5
0,4
0,3
0,25
0,2
0,15
0,1
d2/d1
P
4
6
8
10
12
16
20
30
40
50
60
70
80
2D/d2
Fig. 6B

Si $d_1 = 10$ mm et $d_2 = 50$ mm, on a :

$$\alpha = \frac{d_2}{d_1} = 0{,}5$$

ce qui donne, avec N = 2,

$$\frac{2\,D}{d_2} = 3$$

et par conséquent D = 75 mm = 7,5 cm.

d_1 est le diamètre du tube coupé au milieu et d_2 celui du tube non coupé, dans tous les cas considérés.

H. — Radiateurs doublement repliés

La forme de ces radiateurs a été indiquée dans le chapitre 3, figure 4.

Si les tubes ont des diamètres différents, on peut obtenir des valeurs d'impédance dépendant des diamètres et de l'écartement.

Considérons la figure 7 sur laquelle :

d_2 = diamètre des tubes non coupés,

d_1 = diamètre du tube coupé,

2 D = distance d'axe en axe des tubes non coupés, le tube coupé se trouvant au milieu, à distance D de chacun des deux autres.

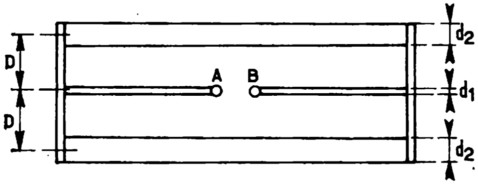


Fig. 7

Supposons d_2 plus grand que d_1. Soit, comme précédemment, N le nombre multiplicateur tel que l'impédance obtenue soit 75.N. La formule, qui donne N est :

$$N = \left[\frac{\log \dfrac{4\,D^3}{d_1^2\,d_2}}{\log \dfrac{D}{d_2}}\right]^2$$

L'abaque figure 6 B permet de déterminer 2 D connaissant N et le rapport d_2/d_1 de la même manière que précédemment. Exemple : on a $d_2 = 20$ mm $d_1 = 10$ mm et N = 20 on obtient le point P sur la figure 6 B ce qui donne :

$$D = \frac{13\ .\ 20}{2} = 130 \text{ mm} \quad \text{ou } D = 13 \text{ cm.}$$

CHAPITRE V

ADAPTATION DES ANTENNES

A. — Considérations générales

On a vu précédemment que l'entrée d'un récepteur de télévision présente une impédance Z, qui est généralement de 75, ou 300 Ω, la première valeur étant la plus répandue en France.

D'autre part, les antennes de différents types possèdent des impédances Z_a très diverses, depuis quelques ohms (cas d'une antenne à radiateur dipôle rectiligne avec éléments parasites) jusqu'à plusieurs centaines et même milliers d'ohms.

L'adaptation s'obtient lorsqu'il y a transmission optimum de la puissance disponible aux bornes AB de l'antenne aux bornes d'entrée du récepteur. Il faut donc que l'on ait $Z_a = Z_R$ et que le câble ait la même impédance $Z_C = Z_a = Z_R$.

Si Z_a est différente de Z_R il faut *adapter* l'antenne de façon qu'elle présente une impédance Z'_a égale à Z_R.

Ceci peut s'obtenir par diverses méthodes dont nous allons indiquer quelques-unes :

1° Remplacement du radiateur primitivement prévu par un autre radiateur d'impédance différente de sorte que l'impédance de l'antenne devienne égale à celle de l'entrée du récepteur.

Cette méthode s'applique en pratique lorsque le radiateur primitif est un dipôle demi-onde à impédance fixe (rectiligne ou folded). On le remplace par un folded ou double folded à éléments de diamètres différents comme il a été expliqué au chapitre IV.

2° Utilisation de transformateurs d'impédance. Dans ce cas l'antenne peut rester inchangée mais on intercale entre les points AB et le côté antenne du câble de liaison, un dispositif dit transformateur d'impédances (fig. 1) qui fonctionne de la manière suivante : les points ab sont connectés aux points AB de l'antenne dont l'impédance est Z_a, différente de Z_R, impédance du récepteur.

Si le transformateur est convenablement calculé il présente aux points d'entrée a, b, une impédance Z_a et aux points de sortie, c d, une impédance égale à celle du récepteur et à celle du câble de liaison : $Z_C = Z_R$.

On peut aussi placer le transformateur d'impédance du côté récepteur et, dans ce cas, le câble sera placé entre les points AB et ab et

aura évidemment une impédance Z_C égale à celle de l'antenne : $Z_O = Z_a$ tandis que les points cd seront reliés directement à l'entrée du récepteur ou par un câble court d'impédance Z_R.

B. — Transformateur d'impédance quart d'onde

La figure 2 montre le montage de la figure précédente réalisé avec un transformateur d'impédance constitué par un câble dont la longueur électrique est λ/4 et dont l'impédance caractéristique est :

$$Z_t = \sqrt{Z_a Z_R}$$

Exemple : impédance d'antenne $Z_a = 40\ \Omega$ impédance du récepteur : $Z_R = 75\ \Omega$. L'impédance du câble transformateur est :

$$Z_t = \sqrt{40 . 75} = \sqrt{3\,000}$$

ou $Z_t = 54{,}77\ \Omega$ que l'on peut arrondir à 55 Ω. La figure 5 représente un abaque qui permet de déterminer sans calcul l'impédance moyenne géométrique.

La longueur λ/4 est valable lorsque le câble transformateur est réalisé avec deux tubes ou deux fils plongés dans *l'air*. On détermine les caractéristiques de ce câble en procédant comme indiqué dans les exemples pratiques qui terminent le chapitre II.

Si l'on est amené à utiliser un câble à diélectrique autre que l'air, la longueur véritable n'est plus λ/4 mais :

$$l = K \frac{\lambda}{4}$$

la valeur de K étant donnée par le tableau I que nous donnons à la fin de ce chapitre et aussi par le fabricant du câble.

Exemple : la fréquence pour laquelle a été calculée l'antenne est 180 MHz. On a donc

$$\lambda = \frac{300}{180} = 1{,}66 \text{ m}$$

On utilise un câble dont le coefficient K est 0,65. La longueur véritable du câble transformateur est :

$$l = \frac{1{,}66}{4} . 0{,}65 = 0{,}2697 \text{ m}$$

$$\text{ou } l = 26{,}97 \text{ cm}$$

tandis que si le diélectrique était l'air sa longueur serait :

$$\lambda/4 = 1{,}66/4 = 0{,}415 \text{ m} = 41{,}5 \text{ cm}$$

Il convient de ne pas perdre de vue ces considérations.

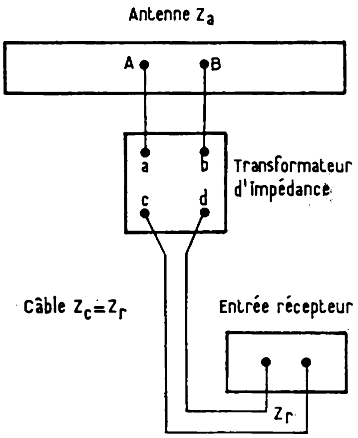


Fig. 1

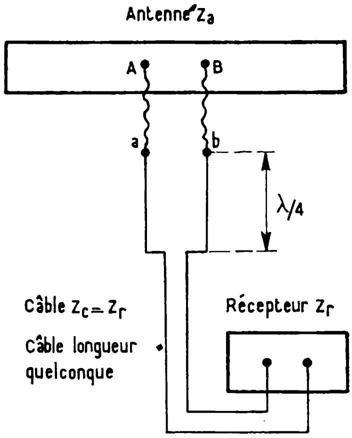


Fig. 2

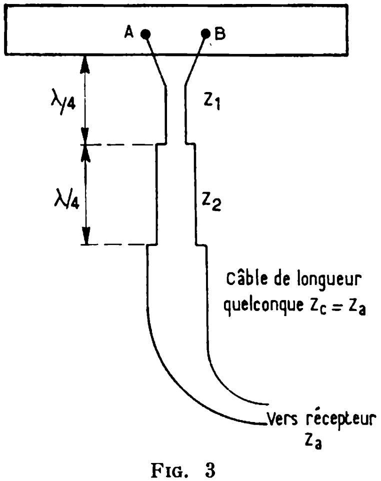


Fig. 3

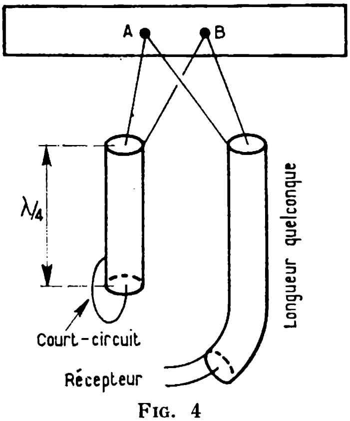


Fig. 4

C. — Transformateurs en cascade

Lorsque l'impédance Z_a de l'antenne est *très différente* de l'impédance Z_R du poste, il est conseillé de monter deux ou plusieurs transformateurs quart d'onde en cascade. Dans les montages d'antennes de télévision on n'a que rarement recours à ce dispositif qui, en tout cas, ne comporte pas plus de deux transformateurs en cascade. Dans ce

dernier cas, on calcule leur impédance caractéristique suivant les formules ci-après :

$$Z_1 = \sqrt[3]{Z_R \, Z^2_a} \text{ et } Z_2 = \sqrt[3]{Z^2_R \, Z_a}$$

Exemple : l'impédance de l'antenne est $Z_a = 5 \, \Omega$, celle du récepteur $Z_R = 300 \, \Omega$. On a

$$Z_1 = \sqrt[3]{300 \cdot 5^2} = \sqrt[3]{300 \cdot 25}$$

$$\text{ou } Z_1 = \sqrt[3]{7\,500} = 19{,}57 \, \Omega$$

$$Z_2 = \sqrt[3]{300^2 \cdot 5} = \sqrt[3]{90\,000 \cdot 5}$$

$$\text{ou } Z_2 = \sqrt[3]{450\,000} = 10 \sqrt[3]{450} = 76{,}6 \, \Omega$$

Le montage est celui de la figure 3. Le câble à la sortie du second transformateur a une impédance Z_0 égale à celle de l'entrée du poste, Z_R. Les longueurs des câbles constituant les transformateurs d'impédance sont de $\lambda/4$ avec diélectrique air et $K\lambda/4$ avec diélectrique dont le coefficient de réduction est K donné par le tableau I.

TABLEAU I

Valeur du coefficient K pour le calcul de la longueur d'un câble d'antenne. Remarquer que dans l'air on a K = 0,975 et non K = 1, mais la différence est minime.

Type du câble	Coefficient K
Fils parallèles en l'air	0,975
Ruban bifilaire en polythène 300 Ω	0,82
Ruban bifilaire en polythène 150 Ω	0,68
Ruban bifilaire en polythène 75 Ω	0,77
Câble coaxial diélectrique air	0,85
Fils torsadés *env.*	0,6
Tubes parallèles en l'air	0,95
Câbles standard USA	
RG 58/U 53 Ω	0,66
RG 11/U 75 Ω	0,66
RG 59/U 75 Ω	0,66
Tube 300 Ω	0,84
Fils torsadés à isolement caoutchouc	0,56 à 0,65
Câbles de la Sté des Câbles de Lyon	
75 PD 71 ± 3 Ω	0,65
50 MD 50 ± 2 Ω	0,65
75 MD 72 ± 3 Ω	0,65

Ces valeurs sont toutefois approximatives. Pour chaque câble utilisé, il faut demander au fabricant la valeur de K.

Les schémas des figures 1 à 3 sont valables également pour des câbles coaxiaux. Dans le cas de ces câbles on connectera ensemble les conducteurs de même nature intérieurs d'une part, gaines extérieures d'autre part.

D. — Adaptation symétrique-dissymétrique

Les radiateurs utilisés en télévision sont presque tous symétriques (les points A et B sont permutables sans qu'il y ait un changement quelconque) aussi on ne devrait utiliser que des câbles bifilaires. Il n'est cependant pas toujours possible de se procurer de tels câbles dont l'impédance ait une valeur donnée, aussi les remplace-t-on par des câbles coaxiaux, ceci surtout pour 75 Ω, impédance usuelle en France.

Une méthode simple est indiquée par la figure 4. A côté du câble coaxial de liaison au poste on dispose une portion de câble identique long de $\lambda/4$ (ou $K\lambda/4$) que l'on connecte comme suit : au point A le fil intérieur du câble court et la gaine du câble long ; au point B le fil intérieur du câble long et la gaine câble court.

A l'autre extrémité du câble court, on soude le fil intérieur à la gaine.

E. — Abaque $\sqrt{Z'\,Z''}$

L'abaque de la figure 5 pourra servir chaque fois que l'on aura à déterminer une impédance $Z = \sqrt{Z'\,Z''}$. On utilisera soit les graduations de gauche, soit celles de droite.

Exemple : soit à calculer l'impédance Z_t d'un transformateur d'impédances adaptant l'impédance d'antenne $Z_a = 10\ \Omega$ à celle du récepteur $Z_R = 75\ \Omega$.

On a $Z' = Z_a = 10\ \Omega$, $Z'' = Z_R = 75\ \Omega$ $Z_t = Z = \sqrt{10 \,.\, 75} = 27$ env. d'après l'abaque.

Le calcul donne $Z_t = \sqrt{750} = 27{,}38\ \Omega$.

F. — Adaptation delta

Des éléments de calcul exact ne sont connus que dans le cas d'une antenne dipôle rectiligne à adapter à une ligne de 600 Ω.

Dans ce cas particulier, la figure 6 indique les dimensions C et E qui se déterminent à l'aide des formules suivantes :

$$C = \frac{34{,}5}{f} = 0{,}115\ \lambda$$

$$E = \frac{45}{f} = 0{,}15\ \lambda$$

$$D = 75\ d.$$

Les dimensions C, E sont obtenues en mètres si f est mesuré en MHz et λ en mètres.

La dernière formule indique qu'il s'agit d'une ligne de 600 Ω dans laquelle, on le sait, la distance D des fils est égale à 75 fois leur diamètre d.

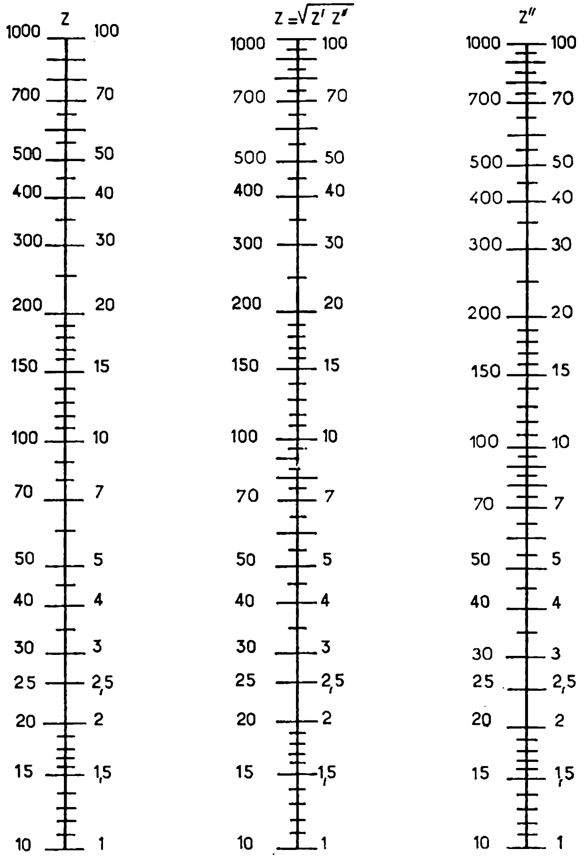


FIG. 5

Exemple : f = 200 MHz, λ = 300/f = 1,5 m, C = 0,172 m, E = 0,225 m. Si d = 1 mm par exemple, on a D = 75 mm = 7,5 cm.

L'adaptation delta peut s'effectuer aussi à partir de dipôles associés à des éléments parasites (antennes Yagi) et pour des lignes d'impédance différente de 600 Ω. On procède expérimentalement à la détermination des dimensions C et E.

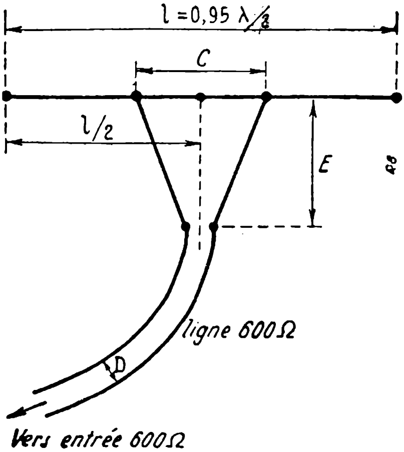


FIG. 6

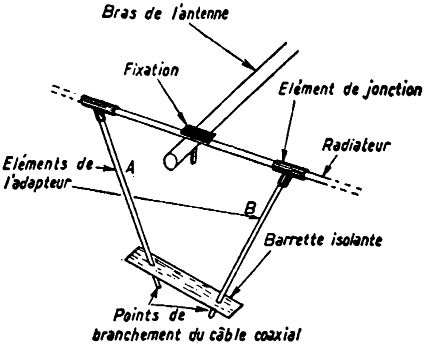


FIG. 7-A

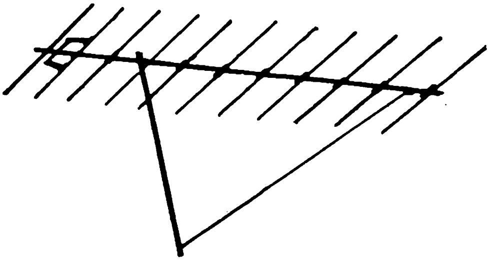


FIG. 7

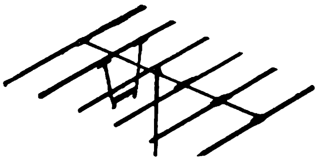


FIG. 8

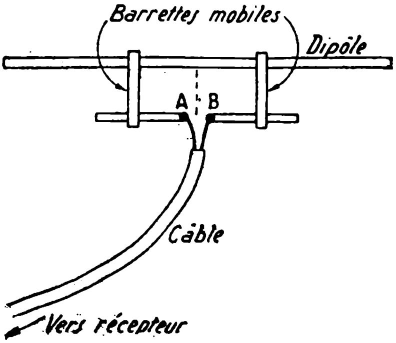


FIG. 9

La figure 7 montre une antenne prévue pour une entrée de 75 Ω. La figure 7 A donne le détail du delta dans lequel les tiges A et B peuvent coulisser pour réaliser l'adaptation.

Remarque importante : il n'y a pas de coupure A B au milieu du radiateur. Celui-ci se compose donc d'un tube non coupé de 0,95 λ/2. Le delta peut aussi se placer verticalement comme il a été fait dans l'antenne de la figure 8.

G. — Adaptation T

Le dipôle se réalise avec un seul tube non coupé (fig. 9) auquel on associe un second tube plus court coupé au milieu (points A et B). Deux barrettes mobiles permettent d'effectuer l'adaptation en les déplaçant symétriquement en sens inverse. Lorsque les barrettes sont aux points A B la résistance est celle de l'antenne normale par exemple 10 Ω s'il y a un certain nombre d'éléments parasites.

On augmente la résistance aux points A B en déplaçant les barrettes vers les extrémités du dipôle.

CHAPITRE VI

CHOIX ET MESURES SIMPLES

A. — Caractéristiques influant sur le choix des antennes

Pour effectuer en pleine connaissance de cause, le choix judicieux d'une antenne de télévision, il est nécessaire de connaître succinctement ses propriétés. Rappelons-les rapidement :

Contrairement aux antennes de radio, les antennes de télévision et de FM et d'une manière générale, les antennes destinées uniquement à la réception des ondes courtes de fréquence supérieure à 40 MHz (λ = 7,5 m) sont accordées sur la fréquence à recevoir.

De ce fait, leurs dimensions sont fonction de la fréquence et par conséquent de la longueur d'onde correspondante.

Généralement les dimensions des antennes accordées sont sensiblement proportionnelles aux longueurs d'onde ou, ce qui revient au même, inversement proportionnelles aux fréquences.

Ainsi, si une certaine dimension est de 80 cm dans une antenne convenant à f = 180 MHz, la même dimension sera de 160 cm pour f = 90 MHz.

Les antennes TV sont également directives ce qui veut dire qu'elles reçoivent mieux dans certaines directions et moins bien dans d'autres.

Toute antenne TV accordée est équivalente à un circuit oscillant et possède des propriétés analogues.

Elle reçoit toute une bande B de fréquences au milieu de laquelle se trouve la fréquence f_R d'accord.

Ainsi une antenne qui est accordée sur 180 MHz pourra recevoir une bande comprise entre 170 et 190 MHz par exemple ce qui équivaudrait à une bande de 20 MHz. La bande d'une antenne TV peut être plus étroite ou plus large que cette valeur.

La polarisation est une autre caractéristique des antennes TV.

Lorsque l'élément essentiel d'une antenne accordée, le radiateur (voir fig. 1) est disposé horizontalement, la polarisation est horizontale. Dans ce cas l'élément radiateur de l'émetteur est également horizontal.

Si la polarisation est verticale, les radiateurs sont verticaux. La figure 2 montre une antenne prévue pour la réception d'une émission à polarisation verticale.

Voici enfin une autre propriété caractéristique des antennes accordées : si l'antenne est accordée sur la fréquence f ou la longueur d'onde λ, elle recevra non seulement les émissions correspondant à f ou λ mais aussi celles accordées sur 2 f, 3 f, 4 f, etc., ou λ/2, λ/3, λ/4, etc.

Si la bande est large sur la fondamentale f elle sera deux fois plus large sur l'harmonique deux, 2 f, trois fois sur l'harmonique trois, 3 f, etc.

Les types d'antennes TV sont très nombreux, ce qui rend difficile le choix.

Celui-ci devient toutefois aisé si l'on connaît bien les conditions particulières dans lesquelles se trouve le récepteur.

La puissance d'une antenne est la fraction de watt qu'elle reçoit de l'émetteur.

Il y a des antennes qui, suivant leur conception ou leurs dimensions, sont plus ou moins puissantes. Une antenne à un élément (voir fig. 1) recevra une puissance plus réduite qu'une antenne à 8 éléments comme celle de la figure 3.

Si l'on adopte comme unité, la puissance reçue par l'antenne de la fig. 1, on peut dire que l'antenne de la figure 3 est N fois plus puissante. Dans le cas d'une telle antenne, N peut être de l'ordre de dix fois.

B. — Les décibels

On peut traduire ce rapport en décibels. A un rapport de 10 fois correspondent 10 décibels de puissance.

Voici d'ailleurs quelques correspondances au tableau I ci-après :

TABLEAU I

Rapport de puissances	Décibels
1,26	1
1,58	2
2	3
2,51	4
3,15	5
4	6
5	7
6,3	8
10	10
15,8	12
25	14
40	16
63	18
100	20

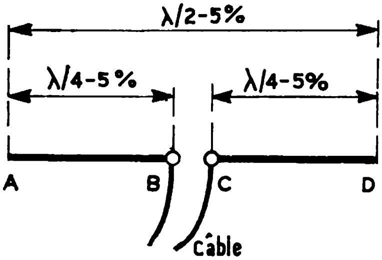


FIG. 1

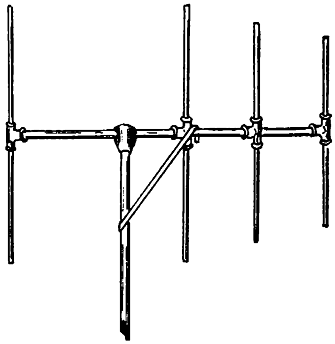


FIG. 2

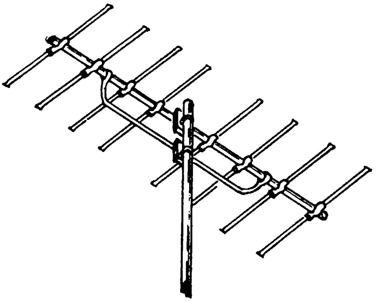


FIG. 3

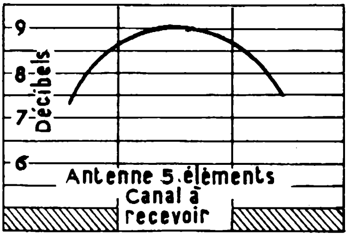


FIG. 4

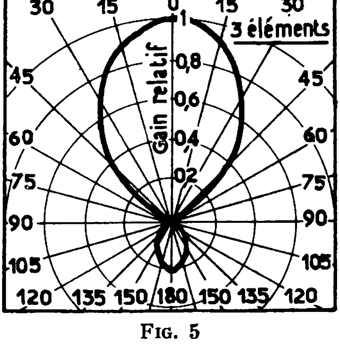


FIG. 5

Cependant la puissance reçue dépend des dimensions absolues des antennes.

Si l'on a affaire à une antenne dont le radiateur a 2 m de long, cette antenne recevra plus de puissance qu'une antenne dont le radiateur n'a qu'un mètre.

C. — Choix des antennes TV

Le choix de l'antenne qui convient le mieux dans un cas déterminé est guidé par deux sortes de considérations : les premières sont d'ordre technique et les secondes d'ordre matériel.

Le choix rationnel dépend évidemment des caractéristiques de l'émission ou des émissions à recevoir, des caractéristiques du récepteur, des conditions locales de réception et de l'emplacement du récepteur.

Cependant il faut tenir compte d'autres facteurs qui, pour ne pas être d'ordre technique n'en sont pas moins importants : possibilités matérielles de montage des antennes, possibilités financières de l'usager.

Examinons d'abord le cas de la réception d'une seule émission VHF du 819 lignes français.

L'antenne aura une largeur de bande standardisée permettant de recevoir *sans atténuation appréciable,* une bande de l'ordre de 11 MHz.

Cela corespond à une antenne dont la bande standardisée est de l'ordre de 15 MHz, autrement dit, environ 1,4 fois plus large.

La figure 4 montre la courbe de réception d'une antenne à 5 éléments dite Yagi. On voit que pour le canal à recevoir, l'atténuation aux fréquences extrêmes de la bande du canal est 0,5 décibel ce qui est excellent, tandis que la bande totale de l'antenne présente une atténuation plus grande à ses fréquences extrêmes.

La directivité se traduit par un diagramme comme celui de la figure 5.

Ce diagramme indique que le gain diminue de moitié environ lorsque l'antenne est orientée dans une direction faisant 40° avec la direction de l'émetteur.

La règle qui doit guider l'usager est la suivante :

L'angle correspondant à une diminution de 50 % *du gain doit être aussi faible que possible.*

Cet angle est généralement de 20° à 50° dans la plupart des antennes à plusieurs éléments.

En ce qui concerne la polarisation, se renseigner avant l'achat ou la construction de l'antenne, de la polarisation de l'émetteur.

Voici, d'ailleurs, quelques renseignements à ce sujet.

La polarisation ne dépend d'aucune des caractéristiques habituelles des émetteurs : puissance, largeur de bande, fréquence d'accord, standard.

Elle est déterminée par des considérations pratiques. Les émetteurs à polarisation verticale existent en France et partout ailleurs.

La puissance de l'antenne doit être d'autant plus grande que :

a) la puissance de l'émetteur est réduite ;

b) la sensibilité du récepteur est réduite ;

c) la distance émetteur-récepteur est grande ;

d) les conditions de propagation sont défavorables ;

e) le récepteur est dans un emplacement de mauvaise réception ;

f) l'antenne est placée à faible hauteur du sol ;

g) le champ de parasites est intense.

Rappelons que la puissance reçue par l'antenne est traduite en décibels. Plus le nombre des décibels est grand plus l'antenne sera puissante.

En ce qui concerne la distance émetteur-récepteur, il n'y a pas de règle précise indiquant le nombre de décibels exigibles pour un nombre de kilomètres donné. On peut très approximativement se guider d'après le tableau II suivant :

TABLEAU II

Distance en km	Décibels	Antenne
0 - 10	0 - 4	1 à 2 éléments
10 - 20	2 - 5	2 à 3 éléments
20 - 40	5 - 10	4 à 8 éléments
40 - 80	10 - 14	8 à 12 éléments
plus de 80 kilomètres	plus de 14 décibels	2 × 6 éléments à 2 × 12 éléments

La sensibilité doit être d'autant meilleure que la distance est grande.

Elle s'exprime par le nombre de microvolts qu'il faut appliquer à l'entrée du téléviseur pour obtenir une image de contraste normal.

Ce nombre de microvolts est d'autant plus petit que le récepteur reçoit bien.

Pour réceptions locales, un récepteur sensible à 500 µV est satisfaisant.

A grande distance la sensibilité peut être de l'ordre de quelques µV.

D. — Réception défavorable

Si la propagation est mauvaise en raison d'un emplacement défavorable du récepteur, on peut dans certains cas l'améliorer à l'aide d'un ou plusieurs des remèdes suivants :

1° Augmenter la sensiblité de l'antenne.

2° La monter dans un endroit où la réception est meilleure et la relier par un câble à faibles pertes au poste.

3° Utiliser un récepteur plus sensible et muni d'un amplificateur haute fréquence donnant un faible souffle.

4° Disposer un préamplificateur à faible souffle entre l'antenne et le récepteur.

5° Utiliser un relais avec ou sans amplification.

Voici maintenant comment on peut effectuer quelques mesures simples permettant de connaître les caractéristiques des antennes dont on dispose.

E. — Mesures simples des antennes

L'antenne que l'on va monter sur le toit de la maison possède des caractéristiques dont les principales ont été définies plus haut.

Lorsqu'il s'agit d'une antenne commerciale, son fabricant indique avec précision les données numériques correspondant à la sensibilité, à la directivité et aux autres propriétés de l'antenne.

Si l'antenne est réalisée par l'amateur, celui-ci a intérêt à mesurer ses caractéristiques afin de les améliorer éventuellement si leur valeur ne correspond pas aux résultats attendus.

Même dans le cas d'une antenne toute faite, il est toujours utile de vérifier si ses caractéristiques sont exactes.

Rappelons d'abord les propriétés des antennes Yagi, les plus répandues en France.

Ces antennes comportent un radiateur accordé sur la fréquence f ou sur la longueur d'onde λ avec $\lambda = 300/f$ ou $f = 300/\lambda$ (λ en **mètres,** f en mégahertz). A ce radiateur on associe des éléments dits parasites : réflecteur et directeurs.

Le radiateur a une longueur égale à 0,95 $\lambda/2$ environ. Le réflecteur est long de $\lambda/2$ environ. Les directeurs successifs diminuent de 3 à 5 % environ à mesure qu'ils s'éloignent du radiateur. L'écartement entre éléments consécutifs est de 0,1 à 0,25 λ. Les figures 1 et 3 montrent l'aspect d'un radiateur et d'une antenne Yagi à 8 éléments respectivement.

F. — Impédance

L'impédance de l'antenne Yagi dépend de celle du radiateur seul et du nombre, des dimensions et des écartements des éléments parasites.

L'impédance Z de l'antenne est toujours plus faible que celle du radiateur seul.

Z diminue lorsque :

a) on diminue les écartements ;

b) on augmente le nombre des éléments parasites ;

c) on diminue la résistance du radiateur.

L'impédance Z ne dépend pas de la fréquence mais uniquement de la forme de l'antenne.

Le maximum de transfert de puissance de l'antenne au récepteur est atteint lorsque l'impédance de l'antenne et celle du récepteur sont égales, leur liaison étant effectuée par un câble ayant également la même impédance.

Si l'une de ces trois impédances est différente des deux autres, la puissance transmise diminue, et l'image peut présenter des distorsions.

G. — Gain

On ne mesure pas le gain absolu d'une antenne mais simplement le *rapport* entre la puissance reçue par l'antenne considérée et la puissance reçue par l'antenne étalon.

Cette dernière est l'antenne dipôle demi-onde, autrement dit le radiateur seul dont l'impédance est la même que celle de l'antenne à mesurer. La figure 1 représente un dipôle à un tube coupé au milieu.

Soit ρ ce rapport. En général les fabricants d'antennes n'indiquent pas sa valeur mais le nombre N de décibels de puissance qui lui correspond.

On sait que $N = 10 \log \rho$, le logarithme étant décimal.

Ainsi si $\rho = 10$, $\log 10 = 1$ et $N = 10$ dB.

Si $\rho = 100$, $\log 100 = 2$ et $N = 20$ dB.

H. — Directivité

Lorsqu'on tourne l'antenne autour d'un axe vertical on constate que la puissance reçue varie.

On peut dresser un diagramme de directivité comme celui de la figure 5.

Sur ce diagramme on voit que le maximum de puissance est reçu lorsque l'antenne est dirigée vers l'émetteur sur lequel on a accordé le récepteur et bien entendu, l'antenne. L'émetteur est supposé se trouver dans la direction correspondant à zéro degré et l'antenne dans la même direction, avec les directeurs du côté de l'émetteur.

I. — Accord

L'accord d'une antenne dépend de ses dimensions. Il est évident que si l'accord est effectué sur la fréquence f_R, le maximum de puissance sera reçu lorsque l'émetteur et le récepteur sont accordés sur la même fréquence f_R.

J. — Largeur de bande

L'antenne reçoit le mieux f_R mais aux fréquences voisines, la puissance, tout en diminuant, reste encore appréciable.

La figure 7 montre une courbe indiquant la variation relative de la tension mesurée aux bornes de l'antenne de la figure 6 lorsque la fréquence de l'émetteur varie de f_a à f_b.

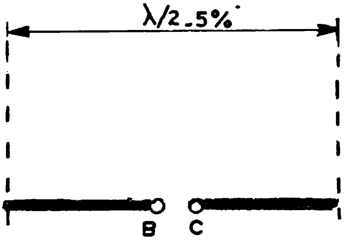


Fig. 6

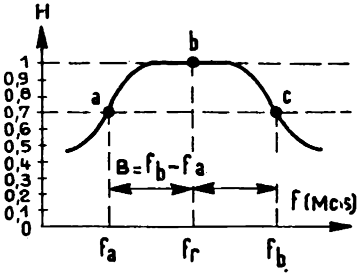


Fig. 7

Le maximum de tension correspond à f_R et aux fréquences f_a et f_b la tension a diminué de 30 %. La différence f_b — f_a est désignée sous le nom de bande standardisée B de l'antenne.

Dans une antenne TV, la bande standardisée est de quelques mégahertz par exemple 10 MHz. Comme le maximum de tension correspond à H = 1 30 % de moins correspondant à l'ordonnée 0,7, points a et c.

K. — Rapport avant-arrière

Une autre caractéristique intéressante est le rapport dit « avant-arrière » que nous désignerons par r.

Il est le quotient de la puissance reçue lorsque l'antenne est dirigée vers l'émetteur et la puissance reçue, l'antenne étant dirigée dans la direction opposée.

Tout comme dans le cas du gain, on n'indique pas dans les notices le rapport r mais le nombre n de décibels qui lui correspond.

On a donc $n = 10 \log r$.

Ainsi si $r = 1\,000$ par exemple, on a $n = 10 \log 1\,000 = 30$ décibels.

L. — Mesure du gain

Supposons que l'antenne dont on veut mesurer les caractéristiques a une impédance Z et qu'elle est connectée par un câble de même impédance à l'entrée d'un récepteur d'impédance Z également. Pour effectuer une mesure de gain il est nécessaire de posséder une antenne étalon de Z ohms également, un récepteur et un voltmètre indicateur de sortie.

Le principe de la mesure est le suivant : on reçoit une émission avec l'antenne considérée et on note les indications du voltmètre de sortie.

On remplace l'antenne par l'antenne étalon et on note à nouveau les indications du voltmètre. L'antenne étalon est le radiateur seul de la figure 1.

Soient E_a la tension correspondant à l'antenne à mesurer et E_e la tension correspondant à l'étalon. Le rapport $\rho_o = E_a/E_e$ étant calculé on l'élève au carré pour obtenir le rapport ϱ des puissances : $\rho = \varrho^2{}_o$. On lit ensuite le nombre N de décibels qui correspond à ϱ. On a donc $N = 10 \log \rho$.

Remarquons que $10 \log \varrho = 20 \log \rho_o$ donc il suffit de considérer le rapport des tensions et de déterminer les décibels de tension. On obtiendra dans les deux cas le même nombre N qui indiquera le gain de l'antenne.

M. — Dispositions pratiques

Les deux antennes doivent être placées en un endroit aussi dégagé que possible ce qui pratiquement se réalise en montant les antennes sur un toit et en utilisant un mât aussi haut que possible.

Il s'agit de remplacer très rapidement une antenne par une autre.

La mesure s'effectuera obligatoirement pendant l'émission de la mire de façon que les indications du voltmètre de sortie ne varient pas pendant toute la durée de l'expérience. Il ne faut pas que ce travail soit influencé par le fading ou par une autre cause susceptible de faire varier les conditions de réception.

Il est donc conseillé de travailler vite, de faire plusieurs mesures afin de pouvoir déterminer une moyenne.

En ce qui concerne l'indicateur de sortie, son installation ne donne lieu à aucune difficulté. Il suffira de se procurer un voltmètre alternatif à 1 000 Ω/V (ou plus sensible) que l'on disposera sur la sensibilité 100 V. Dans ces conditions sa résistance sera 100 000 Ω.

On le connectera aux bornes de la résistance de charge R_1 de l'étage final vidéo-fréquence du téléviseur en intercalant un condensateur de 0,1 µF dans la connexion côté collecteur. Si la réception est plus faible que 20 V on placera le voltmètre alternatif sur une sensibilité inférieure.

Le voltmètre alternatif sera connecté aux bornes de R_1 ou aux bornes de R_1 par l'intermédiaire du condensateur de sortie, autrement dit aux bornes où l'on mesurera la tension E_s.

Supposons que la tension E_s est de 20 V lorsque l'on se sert de l'antenne à mesurer et de 2 V seulement si cette dernière est remplacée par l'antenne étalon. Le rapport est $20/2 = 10$ et comme $\log 10 = 1$ on a $N = 20 \log 10 = 20$ décibels.

Pratiquement on devra trouver, approximativement, les valeurs suivantes avec des antennes bien conçues :

Antenne dipôle	1	radiateur	....	0 dB
—	2	—	....	3 à 5 dB
—	3	—	....	4 à 6 dB
—	4	—	....	6 à 8 dB
—	5	—	....	7 à 9 dB
—	6	—	....	8 à 10 dB
—	7	—	....	8 à 11 dB
—	10	—	....	10 à 14 dB
—	12	—	....	12 à 16 dB

La meilleure antenne n'est pas toujours celle qui fournit le gain le plus élevé.

Cela se justifie par le fait que pour une antenne ayant un nombre donné d'éléments, le gain diminue lorsque la largeur de bande augmente.

Une antenne prévue pour recevoir une émission française à large bande (10 à 14 MHz) aura un gain inférieur à une antenne prévue pour recevoir une émission dont la bande est moindre.

La comparaison peut toutefois s'effectuer entre deux antennes de fabricants différents et ayant le même nombre d'éléments.

N. — Mesure de la directivité

L'installation est la même que dans la mesure précédente mais seule l'antenne à mesurer est nécessaire.

Cette antenne doit pouvoir tourner autour de l'axe vertical représenté par son mât.

Considérons la figure 5 qui représente un diagramme de directivité.

Il est nécessaire de se procurer ou d'exécuter soi-même un dessin comme celui de cette figure sans la courbe ovale bien entendu.

On dirigera l'antenne vers l'émetteur et on notera les indications du voltmètre. On dirigera ensuite l'antenne dans les directions faisant un angle de 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 et 180 degrés, ceci dans les deux sens de rotation de l'antenne et on notera les valeurs de tension obtenues.

Supposons que le maximum correspond à 20 V et que l'on obtienne ensuite des valeurs comme :

18 V à 15°

10 V à 30°

4 V à 45°

0 V à 60°, 75°, 90°, 105°, 120° et 135°

2 V à 180°

Le gain *relatif* se calcule en divisant par la tension maximum de 20 V, les autres tensions mesurées. On peut alors dresser le tableau suivant :

Gain relatif	Angle	Tension
20/20 = 1	0°	20 V
18/20 = 0,9	15°	18 V
10/20 = 0,5	30°	10 V
4/20 = 0,2	45°	4 V
0/20 = 0	60° à 135°	0 V
2/20 = 0,1	180°	2 V

Il est alors facile de marquer sur le graphique des coordonnées, les points correspondants à l'angle et au gain relatif. En les réunissant par une courbe on obtiendra le diagramme recherché, analogue à celui de la figure 5.

Une antenne est d'autant plus directive que l'ovale représentant le diagramme est plus prononcé.

Autrement dit, si le gain relatif à 30° est inférieur pour l'antenne « A » à celui à 30° de l'antenne « B », l'antenne A est plus directive que l'antenne B et doit être préférée sauf cas spéciaux. Généralement, la directivité est améliorée lorsque le nombre des éléments augmente.

O. — Mesure du rapport avant-arrière

Cette mesure se fait en même temps que la précédente.

Il suffit simplement de mesurer la tension maximum obtenue pour l'angle zéro et la tension obtenue lorsque l'antenne est dirigée dans le sens opposé correspondant à l'angle de 180°.

Si l'on obtient, par exemple, 20 V et 2 V, le rapport avant-arrière est 20/2 = 10. Le logarithme de 10 est 1 et le nombre de décibels correspondant est 20 dB. Plus ce nombre est grand, meilleure est l'antenne. Ainsi une antenne qui a un rapport avant-arrière défini par 40 dB est préférable à une antenne dont le rapport correspondant à 20 dB car la première recevra moins bien les émissions indésirables provenant de la direction opposée à l'émetteur.

CHAPITRE VII

ATTENUATEURS D'ANTENNES

A. — Généralités

Dans certains cas, soit parce que la puissance de l'émetteur est trop grande ou l'émetteur est trop proche ou le récepteur type longue distance est très sensible, l'entrée du téléviseur est surchargée et le réglage de contraste se montre insuffisant. Il faut alors réduire c'est-à-dire atténuer le signal appliqué à l'entrée du téléviseur.

Cette réduction s'obtient de plusieurs façons qui peuvent être toutes essayées aisément et sans aucun inconvénient. Les voici énumérées dans l'ordre le mieux indiqué des essais :

1° agir sur le bouton « contraste » jusqu'à obtention d'une image correcte et d'un son de puissance normale et de bonne qualité.

Préalablement, autant que possible, repérer la position initiale de ce réglage.

Si aucune amélioration n'est obtenue, revenir à la position primitive et passer à l'essai suivant ci-après :

2° agir sur l'orientation de l'antenne. Généralement, dans les endroits proches de l'émetteur, l'antenne est à deux éléments : radiateur replié et un élément auxiliaire, réflecteur (ou directeur). L'élément auxiliaire est nommé « parasite » en dépit des réels services qu'il rend, car grâce à lui le gain de l'antenne est augmenté et sa directivité améliorée. Le *directeur* se reconnaît par sa longueur légèrement inférieure à celle du radiateur et parce qu'il est situé en avant de celui-ci, c'est-à-dire du côté de l'émetteur.

Par contre, le réflecteur est légèrement plus long que le radiateur et placé derrière lui. Il s'agit de diminuer le gain de l'antenne, ce qui peut être obtenu en l'orientant dans une direction faisant un angle d'autant plus grand avec l'orientation primitive que la diminution de gain nécessaire est grande.

L'antenne est normalement située dans un plan horizontal, comme on le voit sur la figure 1 qui représente une antenne composée d'un radiateur et d'un directeur.

La figure 2 montre comment tourner l'antenne de façon qu'elle reste dans un plan horizontal, ce qui cause une très grande diminution de réception. Théoriquement lorsque le bras de l'antenne est perpendiculaire à la direction de l'émetteur comme indiqué en pointillés sur la figure 2 (direction XY), la puissance est réduite à zéro, mais en pratique, il n'en est pas ainsi car des ondes réfléchies permettent de recevoir plus faiblement, il est vrai, pour d'autres directions que celle de l'émetteur.

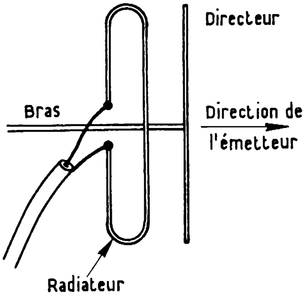


FIG. 1

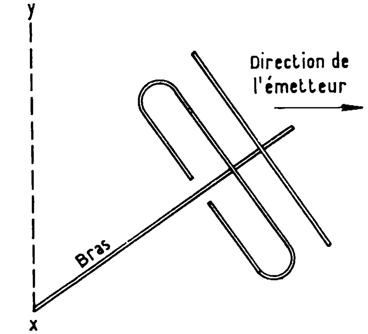


FIG. 2

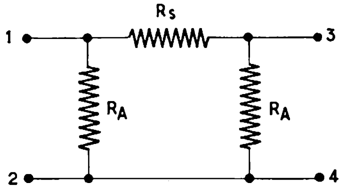


FIG. 3

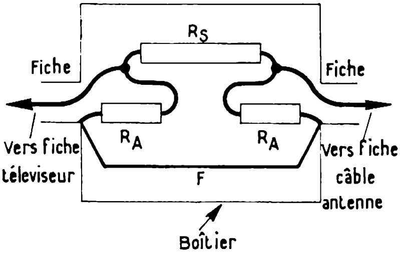


FIG. 5

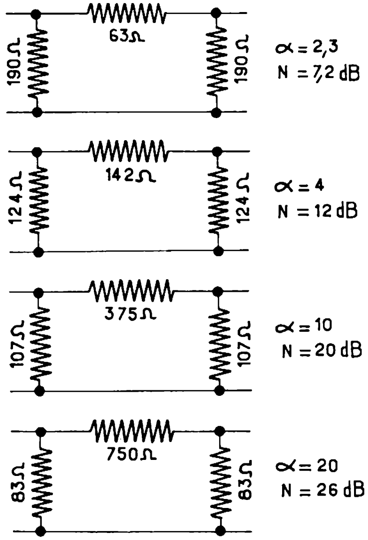


FIG. 4

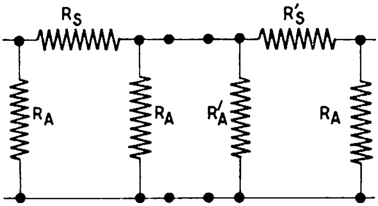


FIG. 6

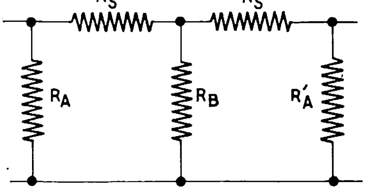


FIG. 7

Si cette opération ne suffit pas, passer à la suivante :

3° agir sur le plan de l'antenne primitivement horizontale ; il suffit de le rendre plus ou moins incliné, jusqu'à la verticale, si nécessaire.

Cela revient en somme à tourner les tubes autour de l'axe horizontal représenté par le bras.

Si cette modification d'orientation de l'antenne ne suffit toujours pas, on passera au quatrième essai :

4° Intercaler un *atténuateur* entre la fiche terminale du câble et la fiche d'entrée du téléviseur.

Un atténuateur comporte des résistances qui absorbent une partie de la puissance reçue sans modifier l'impédance de la ligne de transmission, depuis l'antenne jusqu'à l'entrée du récepteur.

La figure 3 donne le schéma d'un atténuateur à *une seule cellule.* Si l'on connecte plusieurs cellules on obtient une atténuation plus grande

Calcul des atténuateurs : Les valeurs des éléments R_a et R_s dépendent de l'atténuation de tension nécessaire et de l'impédance de la ligne. Dans le cas de téléviseurs fabriqués en France, cette impédance est $Z = 75\ \Omega$.

L'atténuateur de tension est facile à déterminer. Par exemple la puissance étant augmentée de 5 fois la tension aux bornes antennes a augmenté d'environ $\sqrt{5}$ fois, c'est-à-dire de 2,3 fois.

Il serait donc logique de réaliser un atténuateur réduisant la tension de 2,3 fois, mais en pratique des valeurs différentes, généralement plus grandes, peuvent être nécessaires.

Le tableau I indique les valeurs de R_a et R_s pour les rapports suivants : 2,3 fois, 4 fois, 10 fois, 20 fois.

Rappelons que l'on compte généralement les atténuations en *décibels.*

Le *décibel* de tension est égal à 20 fois le logarithme décimal de ce rapport. Sur le tableau sont indiquées les atténuations et les décibels correspondants.

TABLEAU I

Rapport *a*	Décibels	Impédance (Ω)	R_a (Ω)	R_s (Ω)
2,3	7,2	75	190	63
4	12	75	124	142
10	20	75	107	375
20	26	75	83	750

Les formules générales qui donnent R_a et R_s sont :

$$R_a = Z\,\frac{a + 1}{a - 1}$$

$$R_s = Z\,\frac{a^2 - 1}{2a}$$

dans lesquelles *a* est le rapport d'atténuation désiré.

La figure 4 donne le schéma de ces divers atténuateurs.

B. — Réalisation des atténuateurs

Un atténuateur se présente comme un petit tube ou boîtier allongé, comportant à chaque extrémité des fiches coaxiales identiques à celles de la liaison entre câble et poste (voir figure 5).

A une extrémité on monte une fiche mâle et à l'autre extrémité une fiche femelle.

Le tube ou le boîtier peut être en métal ou en matière isolante quelconque, même carton ou plusieurs couches de papier enroulé.

Les résistances doivent être montées selon la figure 5 : R_s entre les contacts centraux des fiches et les deux R_a entre les extrémités de R_s et le contact annulaire de chaque fiche.

Si ce boîtier est isolant, ne pas manquer de réunir les deux parties extérieures des fiches par un fil F de 1 mm de diamètre au moins. Les valeurs des résistances R_a et R_s ne sont pas toutes courantes ; aussi, peut-on les arrondir : par exemple, 200 Ω au lieu de 190 Ω, 60 Ω au lieu de 63 Ω, 125 au lieu de 124, 150 au lieu de 142, 100 à la place de 107 et 80 à la place de 83.

Remarquons qu'il est est possible de monter plusieurs atténuateurs en série, comme indiqué par la figure 6. Il est clair que R_a et R'_s sont en parallèle et que l'on peut remplacer ces deux résistances par une seule R_b, telle que :

$$R_b = \frac{R_a\ R'_a}{R_a + R'_a}$$

On peut monter ces résistances à l'intérieur d'un seul tube, les sorties s'effectuant aux bornes de R_a et R'_a.

Exemple : on veut obtenir une atténuation de 40 fois. Il suffit, pour cela de monter en série un atténuateur qui atténue de 4 fois avec un autre qui atténue de 10 fois, ce qui correspond à 4. 10 = 40 fois et à la *somme* des décibels correspondants : 12 + 20 = 32 décibels.

D'après le tableau 1 on a :

$$R_a = 124\ \Omega$$
$$R_s = 142\ \Omega$$
$$R'_a = 107\ \Omega$$
$$R'_s = 375\ \Omega$$

et par conséquent :

$$R_b = \frac{R_a\ R'_a}{R_a\ R'_a} = \frac{124.\ 107}{124 + 107} = 57\ \Omega$$

Dans le montage de la figure 7 on montera par conséquent les valeurs arrondies suivantes :

$R_a = 125$ Ω, $R_b = 60$ Ω, $R'_a = 100$ Ω, $R_s = 140$ ou 150 Ω, $R'_s = 375$ Ω.

Il est évident que le montage de l'atténuateur s'effectue en déconnectant la fiche du câble d'antenne du téléviseur et rétablissant le circuit en intercalant l'atténuateur dans la coupure ainsi obtenue.

Les atténuateurs disponibles dans le commerce sont d'ordinaire réalisés pour des atténuations de 6, 12, 18, 20 ou 26 décibels.

CHAPITRE VIII

ELIMINATION DES BROUILLAGES

Dans un récepteur de télévision du type superhétérodyne l'antenne peut capter des émissions dont la fréquence peut être proche de la fréquence de l'amplificateur MF. Dans ces conditions le signal à la fréquence brouilleuse pénètre jusqu'à la MF et est amplifiée par elle. Sur l'écran du tube cathodique, l'émission indésirable se manifeste sous forme de dessins de forme particulière qui se superposent à l'image et la brouillent.

Le but de ce chapitre est d'indiquer quelques dispositifs éliminateurs de brouillages.

A. — Pénétration de l'émission indésirable

Il va de soi que si la fréquence f_b de l'émission brouilleuse est comprise dans la bande à recevoir il n'y a rien à faire sinon d'essayer d'orienter l'antenne de façon à ce que cette émission soit éliminée ou tout au moins affaiblie.

Il en est de même lorsqu'on reçoit des signaux harmoniques d'une émission de fréquence différente de celles de télévision, qui se trouvent avoir une valeur comprise dans la bande du canal à recevoir. Exemple : la fréquence 180 MHz est l'harmonique 2 de 90 MHz, l'harmonique 3 de 60 MHz (5 mètres), l'harmonique 4 de 45 MHz, etc.

L'élimination des signaux à ces fréquences est moins du domaine technique que du domaine administratif et juridique et le remède consiste dans des protestations, plaintes, etc. (Voir aussi le chapitre XXVII.)

Soit maintenant B la bande MF amplifiée par la partie correspondante du récepteur super image. La bande B est comprise entre deux fréquences f_1 et f_2, de sorte que l'on a :

$$B = f_2 - f_1$$

Un signal de fréquence f_b comprise entre f_1 et f_2 peut pénétrer jusqu'à l'amplificateur MF soit directement, capté par les bobinages MF, soit à travers le dispositif changeur de fréquence, surtout si celui-ci n'est pas précédé d'un étage HF, suffisamment sélectif.

Un premier remède évident consiste à monter un étage HF entre l'antenne et le récepteur. On peut d'ailleurs réaliser ce montage même si le poste en possède déjà un, car non seulement on le rendra moins apte aux brouillages, mais on augmentera considérablement sa sensibilité. L'étage HF sera pratiquement un préamplificateur sélectif.

Un remède plus simple et moins onéreux, consiste à disposer un filtre d'antenne accordé sur l'émission brouilleuse. Dans ce qui suit nous étudierons les méthodes d'élimination en détail.

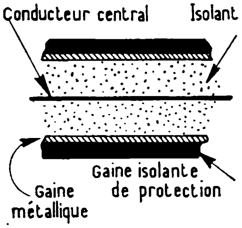


FIG. 1

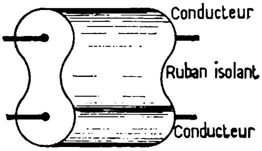


FIG. 2

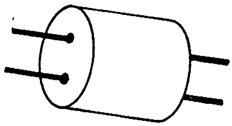


FIG. 3

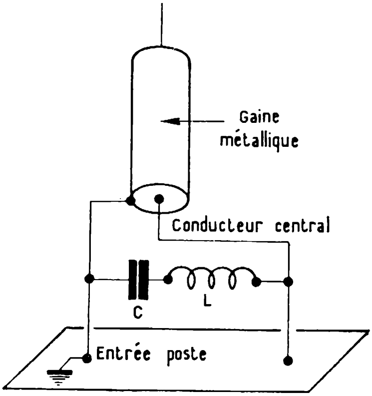


FIG. 4

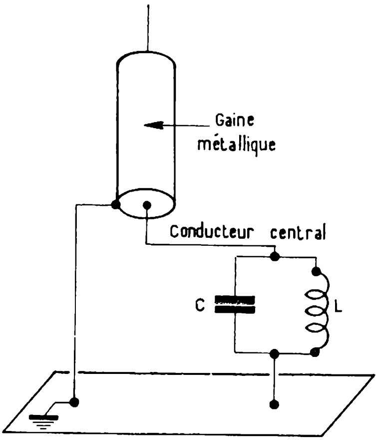


FIG. 5

B. — Filtres d'antenne

Les antennes de télévision sont connectées au récepteur par des câbles spéciaux dont les plus connus sont le coaxial, le bifilaire non blindé et le bifilaire blindé, ce dernier étant rarement utilisé en France.

Rappelons que le coaxial se présente sous forme d'un tube isolant dont l'axe central est un conducteur. Il est blindé extérieurement par une gaine métallique souple recouverte d'une gaine isolante protectrice (voir fig. 1).

Le bifilaire se compose de deux conducteurs parallèles enrobés dans un ruban isolant comme on le voit sur la figure 2. Le bifilaire blindé se présente comme le coaxial mais avec deux conducteurs au lieu d'un. La figure 3 montre une portion de câble, les différentes gaines cylindriques étant disposées comme dans le cas du coaxial unifilaire de la figure 1.

Tous ces câbles connectent les deux bornes antenne aux deux bornes d'entrée du récepteur.

Deux filtres peuvent être disposés entre le câble et l'entrée du poste:

1° Filtre série arrêtant tout courant à la fréquence f_b indésirable.

2° Filtre parallèle constituant un court-circuit pour un courant de fréquence f_b.

Ces deux filtres constituent un circuit oscillant accordé sur f_b et sont composés d'un condensateur C ajustable et d'une bobine de coefficient de self-induction fixe L.

Entre L, C et f_b existe la relation exprimée par la formule de Thomson :

$$f_b = \frac{1}{2\,\pi\,\sqrt{L\,C}} \qquad (1)$$

avec f en hertz, $2\,\pi = 6{,}28$, L en henrys et C en farads.

Lorsque C et f sont donnés, on détermine L par la formule déduite de la précédente :

$$L = \frac{1}{4\pi^2\,f_b^2\,C} \qquad (2)$$

valable avec les mêmes unités. On remarquera que $4\,\pi^2$ est sensiblement égal à 40.

Si C est ajustable on peut, en le faisant varier entre sa valeur minimum C_2 et sa valeur maximum C_1, obtenir un réglage du filtre sur toute fréquence comprise dans une bande donnée, par exemple la bande MF comprise entre f_1 et f_2.

Les filtres série ou parallèle se montent, comme le montrent les figures 4 et 5. Dans la première, il s'agit d'un circuit oscillant série placé entre les deux bornes d'entrée. Si ce circuit est accordé sur f_b, il constitue un court-circuit pour tout courant de cette fréquence et de ce fait aucune tension de fréquence f_b ne peut apparaître aux bornes d'entrée du poste.

La figure 5 montre un filtre parallèle inséré dans le conducteur du coaxial. Ce circuit oscillant, lorsqu'il est accordé sur f_b, offre une résis-

tance infinie à un courant de cette fréquence. Il arrête donc tout signal transmis par l'antenne, ayant la fréquence f_b.

Le montage est le même dans le cas d'un biliaire si les deux bornes d'entrée ne sont pas symétriques, c'est-à-dire que l'une d'entre elles est à la masse (fig. 6, A et B).

Si l'entrée est symétrique (voir fig. 6, C et D), il est préférable d'utiliser deux filtres comme l'indiquent les schémas des figures 7 et 8.

S'il s'agit d'un bifilaire blindé, on connectera la gaine métallique à la masse du téléviseur, soit à la borne masse si elle existe (fig. 6 D), soit en un point de masse très proche du côté masse, du secondaire S du transformateur d'entrée.

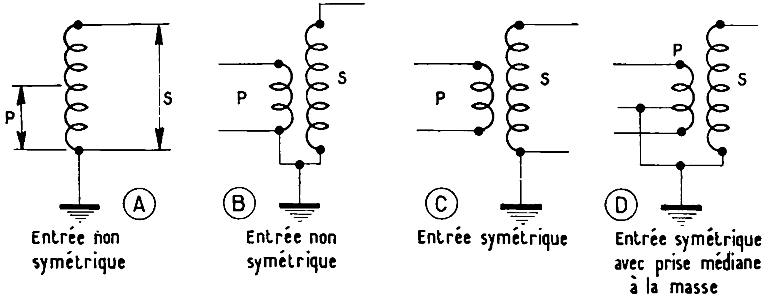


Fig. 6

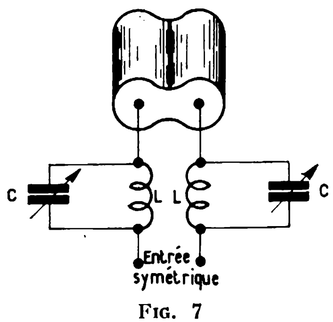


Fig. 7

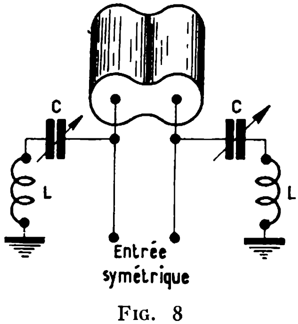


Fig. 8

C. — Détermination des éléments

Les éléments L et C constituant les filtres série ou parallèle dépendent évidemment de la fréquence moyenne du récepteur de télévision et du rapport L/C le plus convenable.

Actuellement, on trouve des fréquences moyennes comprises entre 28 et 45 MHz.

On se basera dans tous les cas sur des ajustables C pouvant se régler entre 5 et 30 pF. On considérera la fréquence f_R, moyenne géométrique de la bande MF du récepteur et on déterminera L en fonction de f_R et d'une capacité de 20 pF.

Exemple : Soit B = 45 — 35 MHz. La moyenne géométrique de 45 et 35 est la racine carrée de 45 × 35. On trouve f_R = 39,8 MHz environ.

Pratiquement, on pourra se contenter de calculer la moyenne arithmétique qui est le milieu de la bande, dans notre cas 40 MHz.

On appliquera donc la formule de Thomson écrite sous la forme (2) en mesurant les grandeurs avec les unités indiquées. Dans notre exemple :

$$C = 20 \text{ pF} = 20 \,.\, 10^{-12} \text{ F} = 2 \,.\, 10^{-11} \text{ F}$$
$$f = 40 \text{ MHz} = 40 \,.\, 10^{6} \text{ Hz} = 4 \,.\, 10^{7} \text{ Hz}$$

La valeur de L en henrys est donc, avec $4\,\pi^2 = 40$:

$$L = \frac{1}{40 \,.\, 16 \,.\, 10^{14} \,.\, 2 \,.\, 10^{-11}} \text{ henrys}$$
$$\text{ou } L = 0{,}78\ \mu\text{H}$$

Il est plus facile de se servir de l'abaque de la figure 9 qui comporte une échelle en fréquences graduée de 50 à 130 MHz.

Pour d'autres fréquences on retiendra la règle suivante :

Si l'on divise f par n il faut multiplier L par n^2, la valeur de C restant la même.

Soit par exemple f = 30 MHz. Le double est 60 MHz donc n = 2 et $n^2 = 4$.

Avec f = 60 MHz et C = 20 pF on trouve L = 0,35 μH.

Donc, si f = 30 MHz seulement L sera 4 fois 0,35 μH = 1,4 μH.

Autre exemple : f = 10 MHz. C = 20 pF. Quelle est la valeur de L ?

Sur l'abaque nous avons trouvé à l'aide de la droite pour 60 MHz, la self-induction est 0,35 μH. Pour 10 = 60/6 MHz, L sera $6^2 = 36$ fois plus grande, donc :

$$L = 0{,}35 \,.\, 36 = 12{,}6\ \mu\text{H}$$

Voyons maintenant quelle gamme sera couverte par le filtre lorsque l'ajustable sera réglé entre le minimum et le maximum de capacité.

La règle qui s'applique à L et f lorsque C est fixe est la même pour C et f lorsque L est fixe.

Une fois L déterminé, sa valeur est constante, il s'agit donc de l'appliquer à f et C.

Supposons que L = 1,4 μH pour C = 20 pF et f = 30 MHz.

Si C = 5 pF, donc 4 fois moins, f sera $\sqrt{4} = 2$ fois plus grande, soit 60 MHz.

Si C = 40 pF, donc 2 fois plus, f sera $\sqrt{2} = 1{,}42$ fois plus faible, soit 30/1,42 = 21 MHz environ.

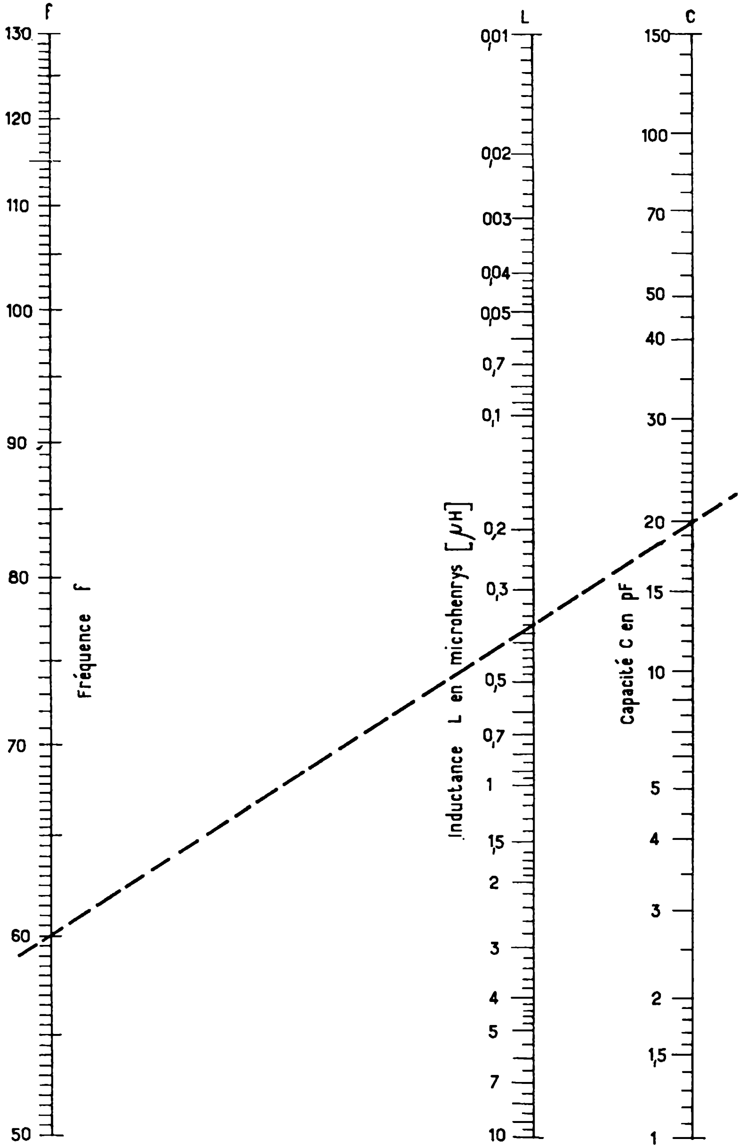


FIG. 9

On voit qu'une bande s'étendant de 25 à 35 MHz par exemple peut être facilement couverte.

Reste à déterminer les caractéristiques d'une bobine lorsque son coefficient de self-induction est donné.

On utilisera des abaques ou une formule, comme indiqué ci-après.

C'est une formule simple donnant approximativement les caractéristiques recherchées :

$$L = K\ n^2\ d/l\ 000 \qquad (3)$$

avec L en μH, d = diamètre de la bobine en cm, n = nombre des spires et K un coefficient qui dépend de la longueur l de l'enroulement.

Si $l = 2$ d, on a K = 4

De la formule (3) on déduit le nombre de spires que l'on obtient en prenant la racine carré de n^2 :

$$n^2 = \frac{1\,000\ L}{4\ d}$$

Exemple : Soit L = 0,35 μH, d = 1 cm, ce qui entraîne $l = 2$ cm pour K = 4.

On trouve :

$$n^2 = \frac{350}{4} = 87$$

La racine carrée de 87 est 9,32 approximativement, soit, en arrondissant, 9 spires.

La bobine aura donc 9 spires bobinées sur un tube *sans noyau de fer*, de 1 cm de diamètre, et le bobinage aura 2 cm de longueur. On utilsera du fil de diamètre aussi élevé que possible.

Pour loger 9 spires sur une longueur de 2 cm, il faut que le diamètre du fil ne dépasse pas 2/9 cm = 2,2 mm isolement compris.

On pourra utiliser du fil de 1,5 mm de diamètre, isolé émail ou mieux, deux couches soie.

A titre documentaire, voici les valeurs de K pour diverses valeurs de d/l :

d/l = 0,5 K : 4 ; d/l = 1, K = 7 ; d/l = 1,5, K = 9 ; d/l = 2, K = 10,2 ; d/l = 3, K = 12,7 ; d/l = 4, K = 14,3.

Voici maintenant d'autres éliminateurs de brouillages.

D. — Eliminateurs de brouillages à filtres

Au lieu de monter en série, dans les fils conducteurs du câble d'antenne, ou en parallèle, entre les conducteurs, des circuits oscillants, on peut faire appel aux filtres passe-haut (en fréquence).

Soit f_m la fréquence de la MF du téléviseur, que nous supposons *inférieure* à f_o, fréquence d'une émission quelconque à recevoir. Exemple : la MF est de 30 MHz et les émissions que peut recevoir le téléviseur dans la région où il se trouve ont les fréquences médianes suivantes : 46 MHz, 73 MHz, 185 MHz.

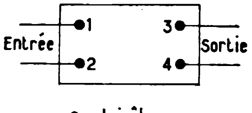
Il est clair qu'un filtre qui laissera passer des signaux à ces fréquences et arrêtera celles qui sont inférieures à 46 MHz, éliminera l'émission indésirable à 30 MHz et aussi bien d'autres, inférieures à 46 MHz.

E. — Schémas de filtres passe-haut

Les filtres passe-haut, haute fréquence se construisent suivant des schémas identiques à ceux utilisés en basse fréquence.

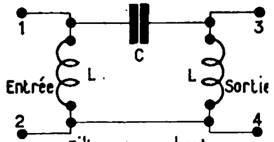
Un filtre se présente comme un montage à quatre bornes, deux d'entrée et deux de sortie. Ce montage à quatre bornes est souvent désigné sous le nom de quadripôle et se symbolise comme le montre la figure **10**.

Entre les bornes 1, 2, 3, 4, on connecte d'une manière convenable des condensateurs et des bobines, à l'exclusion de toute résistance. C'est ce qui caractérise un filtre électrique parfait.



Quadripôle

FIG. 10



Filtre passe haut

FIG. 11

Si le quadripôle comprend également des résistances on le nomme réseau ou filtre dissipatif.

La figure 11 donne le schéma d'un filtre passe-haut très simple, dans lequel les bornes 2 et 4 sont réunies. Le fonctionnement de ce filtre peut être expliqué comme suit : le condensateur C laisse passer d'autant plus facilement un courant que la fréquence est élevée.

Chaque bobine L constitue un chemin aux courants HF, d'autant plus difficile que la fréquence est élevée. L'action de C en série et celle des deux bobines L en dérivation, est cumulative et le filtre, à partir d'une fréquence f_c laisse passer les signaux aux fréquences qui sont supérieures à f_c.

La transition entre l'arrêt et la transmission est plus ou moins brusque suivant les caractéristiques de C et L.

Les valeurs de C et L dépendent de la fréquence de coupure f_c et de l'impédance de la ligne dans laquelle on intercale le filtre passe-haut. On calcule les éléments suivant les formules :

$$L = \frac{2\,Z}{2\,\pi\,f_c}$$

$$C = \frac{1}{4\,\pi\,f\,Z}$$

dans lesquelles les grandeurs sont mesurées en farads, henrys, ohms et hertz.

On commence d'abord par calculer le produit :

$$P = 4 \pi f_c$$

et les formules se simplifient :

$$L = 2\ Z/P \text{ henrys}$$
$$C = 1/(P\ Z) \text{ farads}$$

F. — Exemple numérique

Soit $Z = 75\ \Omega$, $f_c = 40$ MHz.

Ecrivons f_c en hertz.

$$f_c = 40\,000\,000 \text{ Hz}$$

ou

$$f = 4 \,.\, 10^7 \text{ Hz}$$

Le produit P est égal à :

$$P = 4 \pi f_c = 12{,}56 \,.\, 4 \,.\, 10^7$$

ou

$$P = 50{,}24 \,.\, 10^7$$

ou en arrondissant $P = 50 \,.\, 10^7 = 5 \,.\, 10^8$.

Il vient ensuite :

$$L = \frac{2 \,.\, 75}{5 \,.\, 10^8} \text{ H} = 30/10^8 \text{ H}$$

ou en microhenrys, 10^6 fois plus :

$$L = 30/10^2\ \mu\text{H} = 0{,}3\ \mu\text{H}$$

La capacité est

$$C = \frac{1}{5 \,.\, 10^8 \,.\, 75} \text{ F}$$

$$\text{ou } C = \frac{10^{-8}}{375} \text{ F} = \frac{10^{-8} \,.\, 10^{12}}{375} \text{ pF}$$

$$\text{ou } C = \frac{10\,000}{375} \text{ pF} = 26{,}5 \text{ pF}$$

Remarquons que de ces valeurs, on peut facilement en déduire d'autres, en tenant compte de la forme des relations indiquées plus haut. Si Z est constant et si f_c est multipliée par m, C et L deviennent m fois plus faibles.

Exemple : Si $f_c = 20$ MHz au lieu de 40 MHz, on a $m = 0{,}5$, $C = 26{,}5/0{,}5 = 53$ pF ; $L = 0{,}30/0{,}5 = 0{,}6\ \mu$H, Z restant égale à 75 Ω.

Au contraire, si f_c reste constante et Z est multipliée par n :

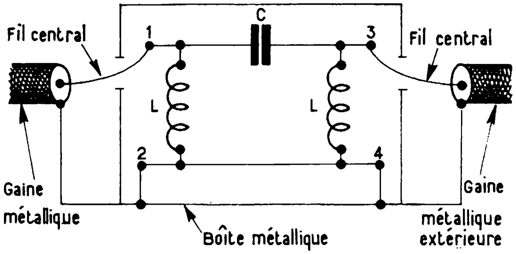


Fig. 12

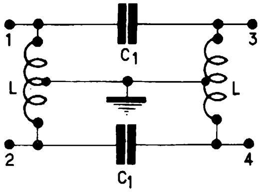


Fig. 13

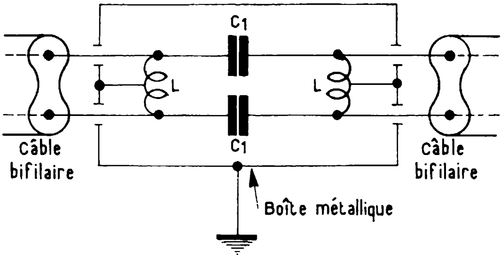


Fig. 14

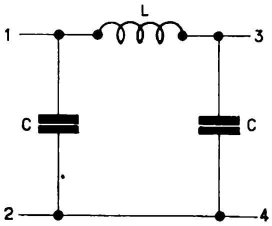


Fig. 15

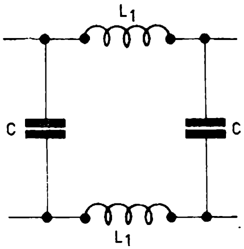


Fig. 16

L est multipliée par n.

C est divisée par n.

Exemple : Z = 300 Ω au lieu de 75 Ω. On a n = 4 et par suite L = 4 . 03 = 1,2 μH et C = 26,5/4 = 6,6 pF.

G. — Montage des filtres de la figure 11

Ce genre de filtres se monte avec les câbles coaxiaux suivant le schéma de la figure 12. Le filtre est monté dans une petite boîte en métal, à laquelle on connecte les extrémités 2 et 4 des selfs et la gaine métallique du câble. Des trous pratiqués dans cette boîte permettent de connecter le fil central du câble de gauche et celui du câble de droite aux points 1 et 3 respectivement.

H. — Cas d'un câble bifilaire

Dans ce cas, le filtre est symétrique verticalement (il l'est déjà horizontalement) et se réalise suivant le schéma de la figure 13. Les éléments sont : L, qui a la même valeur que dans le filtre de la figure 11 et C_1 qui est le double de C. Ainsi, dans le cas de notre exemple, si Z = 75 Ω et f_c = 40 MHz, on a C_1 = 53 pF et L = 0,3 μH.

Souvent la ligne bifilaire a une impédance de 300 Ω soit quatre fois 75 Ω.

Dans ce cas, avec f_c = 40 MHz, on doit multiplier L par 4 et diviser C_1 par 4, ce qui donne pour Z = 300 Ω, f_c = 40 MHz, C_1 = 13,25 pF et L = 1,2 μH.

Le montage pratique s'effectue suivant le schéma de la figure 14. Si le bifilaire est blindé, son blindage sera connecté à la masse avec la boîte et les milieux des bobines L.

I. — Utilisation de filtres passe-bas

Ce cas doit être envisagé.

Si la MF est supérieure à la fréquence de réception, c'est un filtre passe-bas qui doit être monté à la place d'un filtre passe-haut.

Son schéma est celui de la figure 15 dans le cas d'un coaxial et celui de la figure 16 dans le cas d'un bifilaire. Les filtres se montent comme les filtres passe-haut, au point de vue mécanique. Les formules de calcul de C, L et L_1 sont :

$$C = \frac{1}{2 \pi f_c Z}$$

$$L = \frac{Z}{\pi f_c}$$

$$L_1 = \frac{Z}{2 \pi f_c} = 0,5 \text{ L.}$$

J. — Exemple

Soit le cas d'une MF de 75 MHz, la fréquence de réception étant de 46 MHz. Adoptons un filtre passe-bas avec $f_c = 60$ MHz. Soit, $Z = 75\ \Omega$.

On a d'abord :

$$\pi f_c = 188 \cdot 10^6 \text{ env.}$$

et par conséquent :

$$C = \frac{1}{2 \cdot 188 \cdot 10^6 \cdot 75} \text{ farads}$$

$$\text{ou } C = \frac{10^{12}}{28\,200 \cdot 10^6} \text{ pF}$$

$$\text{ou } C = \frac{10\,000}{282} = 35 \text{ pF env.}$$

ensuite :

$$L = \frac{75}{188 \cdot 10^6} \text{ H}$$

$$\text{ou } L = \frac{75}{188}\ \mu\text{H} = 0{,}4\ \mu\text{H environ.}$$

$$\text{et } L_1 = L/2 = 0{,}2\ \mu\text{H environ.}$$

Si la ligne est de 300 Ω, on multipliera les L par 4 et divisera les C par 4 également.

Les filtres passe-haut, passe-bas et même passe-bande sont également utilisés dans les séparateurs des systèmes collectifs. Leur calcul est le même.

Le cas d'une MF à 75 MHz est rare dans les montages courants.

CHAPITRE IX

PROPAGATION DES VHF ET DES UHF

A. — Généralités

La télévision à longue distance n'est possible que dans la mesure où le signal utile qui parvient aux bornes antenne du téléviseur est très supérieur au signal du souffle équivalent.

La tension d'entrée E_a peut être calculée si l'on connaît la puissance P_2 reçue par l'antenne.

Une méthode pratique de détermination de P_2 est indiquée dans ce chapitre.

Presque tous les calculs sont remplacés par des déterminations graphiques à l'aide d'abaques.

Cette méthode basée sur des cas idéaux ne conduit évidemment qu'à des résultats très approximatifs ne permettant que de se faire une idée de l'ordre de grandeur de la puissance reçue dans un cas pratique déterminé.

Nous avons établi la méthode de calcul d'après les travaux de Bullington publiés dans « Proceedings of the I.R.E. » (voir bibliographie).

Certains abaques ont été adaptés au système métrique par A. de Gouvenain, d'autres par nous-mêmes.

Commençons par indiquer quelques relations entre les diverses grandeurs qui interviennent dans cette étude.

B. — Champ dans l'espace libre de toute masse

Ce champ est donné par l'expression :

$$E_o = \frac{\sqrt{30\ g_1\ P_1}}{d} \qquad (1)$$

avec :

E_o = champ en V/m,

g_1 = gain en puissance de l'antenne d'émission,

d = distance entre les deux antennes, en mètres,

P_1 = puissance rayonnée de l'émetteur, en watts.

Si l'antenne d'émission est un dipôle $\lambda/2$, on a $g_1 = 1{,}64$ et *dans ce cas :*

$$E_o = \frac{7}{d} \sqrt{P_1} \qquad (2)$$

C. — Puissance reçue P_2

Soit P_2 la puissance reçue par l'antenne de réception dont le gain est g_2. On a :

$$P_2 = \frac{E\,\lambda}{2\,\pi}\,\frac{g_2}{120}\ \text{W}, \qquad (3)$$

avec λ = longueur d'onde en mètres.
g_2 = gain en puissance de l'antenne de réception.
E = champ reçu (à ne pas confondre avec E_o).

En remplaçant λ par 300/f on obtient :

$$P_2 = 0{,}4\ E\ g_2/f \text{ watts} \qquad (3\ \text{bis})$$

avec f en MHz.

Des formules (1) et (3) on déduit :

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{\lambda}{4\,\pi\,d}\right)^2 g_1\,g_2 \left(\frac{E}{E_o}\right)^2 \qquad (4)$$

ou, en remplaçant λ par 300/f :

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{24}{fd}\right)^2 g_1\,g_2 \left(\frac{E}{E_o}\right)^2 \qquad (4\ \text{bis})$$

Si les deux antennes sont des dipôles $\lambda/2$, $g_1 = g_2 = 1{,}64$ et la formule (4) devient :

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{0{,}13\,\lambda}{d}\right)^2 \left(\frac{E}{E_o}\right)^2 \qquad (4\ \text{A})$$

ou son équivalente :

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{39}{fd}\right)^2 \left(\frac{E}{E_o}\right)^2 \qquad (4\ \text{A bis})$$

Dans l'espace libre *uniquement,* $E = E_o$.

D. — Présence d'une terre plane

On suppose que les deux antennes sont en présence de la terre *supposée plane.* On a dans ce cas :

$$\frac{E}{E_o} = \left(\frac{4\,\pi\,h'_1\,h'_2}{\lambda\,d}\right) \qquad (5)$$

formule dans laquelle :

$$h'_1 = h_1 + j\,h_o \qquad (6)$$
$$h'_2 = h_2 + j\,h_o \qquad (7)$$

et :

h_1 = hauteur de l'antenne d'émission en mètres ;

h_2 = hauteur de l'antenne de réception en mètres ;

h_o = hauteur effective minimum donnée par l'abaque figure 3 en fonction de f et de la nature du sol.

Le rapport des puissances *en présence de la terre plane* est :

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{h'_1\,h'_2}{d_2}\right)^2 g_1\,g_2 \qquad (8)$$

Ce cas peut être pris en considération lorsque d < 5 m.

E. — Cas réel de la terre sphérique

La puissance P_2 reçue par l'antenne est diminuée en raison de la courbure de la terre. Une correction doit également être faite en fonction du nombre k qui représente le rapport :

$$k = \frac{\text{rayon fictif de la terre}}{\text{rayon réel de la terre}} \qquad (9)$$

On prend généralement k = 4/3. Il est égal à 1 dans le cas théorique de propagation dans le vide et d'autres cas spéciaux. Il y a visibilité directe lorsque la distance d entre antennes est égale ou inférieure à D, distance maximum de visibilité directe entre les deux antennes de hauteurs h_1 et h_2.

On a :

$$D = 3550\,(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})\ \text{mètres} \qquad (10)$$

avec h_1 et h_2 en mètres.

On se trouve dans le cas de visibilité directe si $d \leqslant D$.

Si $d \geqslant D$ on se trouve dans le cas de non visibilité.

En somme on a considéré jusqu'ici quatre cas :

a) propagation dans l'espace libre, cas théorique ;

b) propagation au-dessus d'une terre plane. Peut être considéré comme réel si $d \leqslant 5$ km ;

c) propagation au-dessus d'une terre courbe, cas de visibilité directe. Correspond à une distance comprise entre quelques kilomètres et D limite de la visibilité directe ;

d) propagation au-dessus d'une terre courbe la distance d étant supérieure à la distance limite D.

La figure 1 rappelle tous les cas considérés.

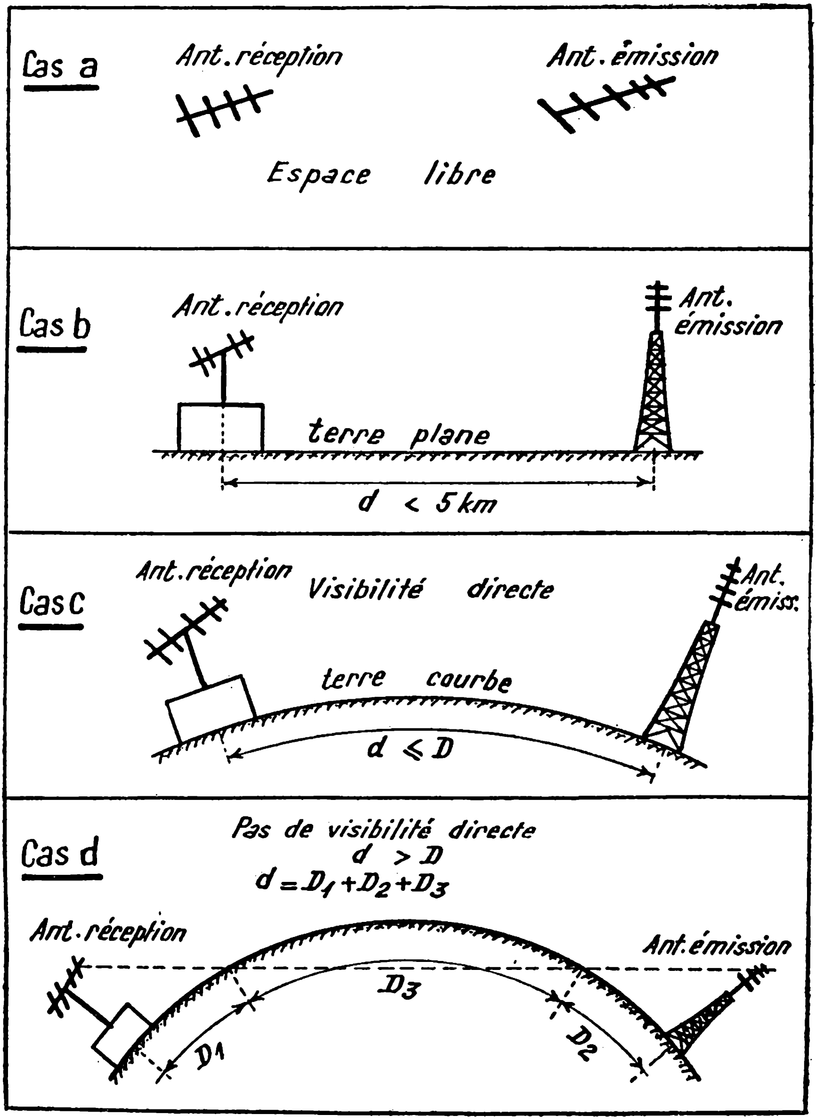


FIG. 1

Sur le dessin du cas a, l'antenne d'émission doit être orientée de façon que les directeurs soient du côté de l'antenne de réception.

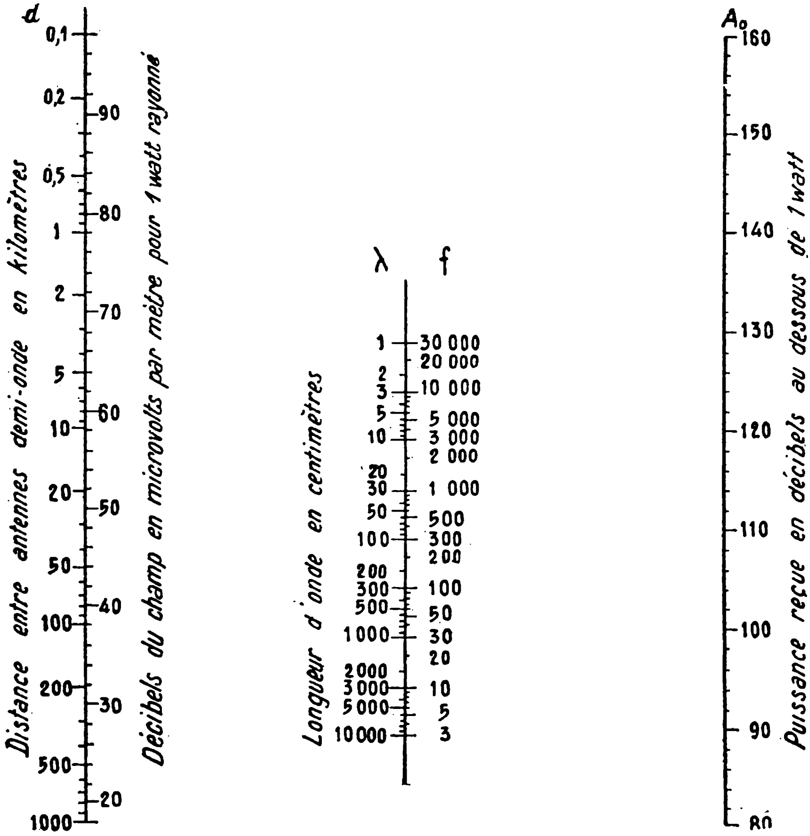


Fig. 2
Les fréquences f sont en mégahertz.

Dans les cas pratiques *b*), *c*) et *d*) on peut tenir compte, s'il y a lieu, de la présence d'un obstacle qui provoquera une diminution supplémentaire de puissance (voir figure 8). Voici maintenant la marche à suivre dans chaque cas pour déterminer la puissance reçue P_2 lorsque l'on connaît d'avance :

P_1 = puissance rayonnée par l'émetteur, en watts ;

d = distance entre les deux antennes en mètres ;

f ou λ = fréquence en MHz ou longueur d'onde en mètres ;

h_1 = hauteur de l'antenne d'émission, en mètres ;

h_2 = hauteur de l'antenne de réception, en mètres et d'autres données que nous indiquerons au moment opportun.

F. — Distance d < 5 km

La valeur de D est généralement beaucoup plus grande que 5 km aussi il est inutile de la calculer dans ce cas particulier.

On détermine d'abord l'atténuation en décibels A_0 donnée par l'échelle de droite de l'abaque figure 2. Exemple : d = 5 km, f = 200 MHz, A_0 = 89 décibels.

On effectue ensuite la même détermination à l'aide de l'abaque figure 4 en tenant compte des hauteurs h_1 et h_2 ainsi que des indications données au paragraphe D.

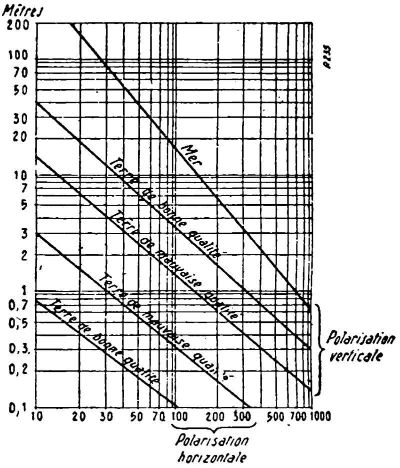


Fig. 3

On trouve une autre valeur de l'atténuation A_1 décibels sur la colonne de droite.

Si $A_1 > A_0$ c'est A_1 qui est la bonne valeur. Dans le cas contraire, c'est A_0 qu'il faut adopter. Désignons par A_2 la valeur prise en considération. Revenons à notre exemple et supposons que h_1 = 300 m, h_2 = 20 m, le sol étant « de mauvaise qualité » et la polarisation horizontale. On trouve, en ordonnée sur la figure 3, h_1 < 0,1 m, dont h'_1 et h'_2 sont sensiblement égaux à h_1 et h_2, ces derniers étant utilisés pour obtenir A_1.

On trouve A_1 = 69 décibels. On voit que $A_1 < A_0$ c'est donc A_0 qui est la valeur à adopter et on a $A_2 = A_0$.

G. — Distance d comprise entre 5 km et D

Il s'agit du cas c). On tient compte de la courbure de la terre mais

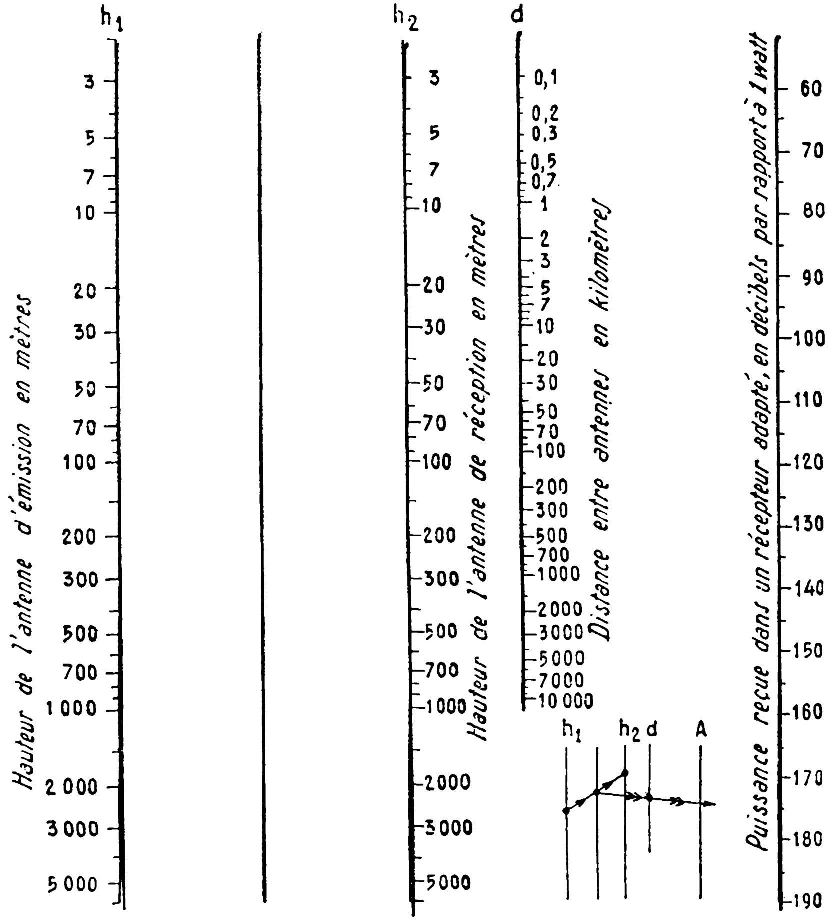


Fig. 4

les antennes sont en visibilité directe. Il faut s'assurer avant tout que d < D en déterminant la valeur de D à l'aide de la formule (10). On utilise ensuite l'abaque figure 5 qui indique sur l'échelle A $\left(k = \frac{4}{3}\right)$ le nombre de décibels supplémentaires correspondant à la courbure de la terre en visibilité directe. Si $k \neq 4/3$ on aligne A et k et on trouve A'. Désignons par A_3 la valeur adoptée : A et A'.

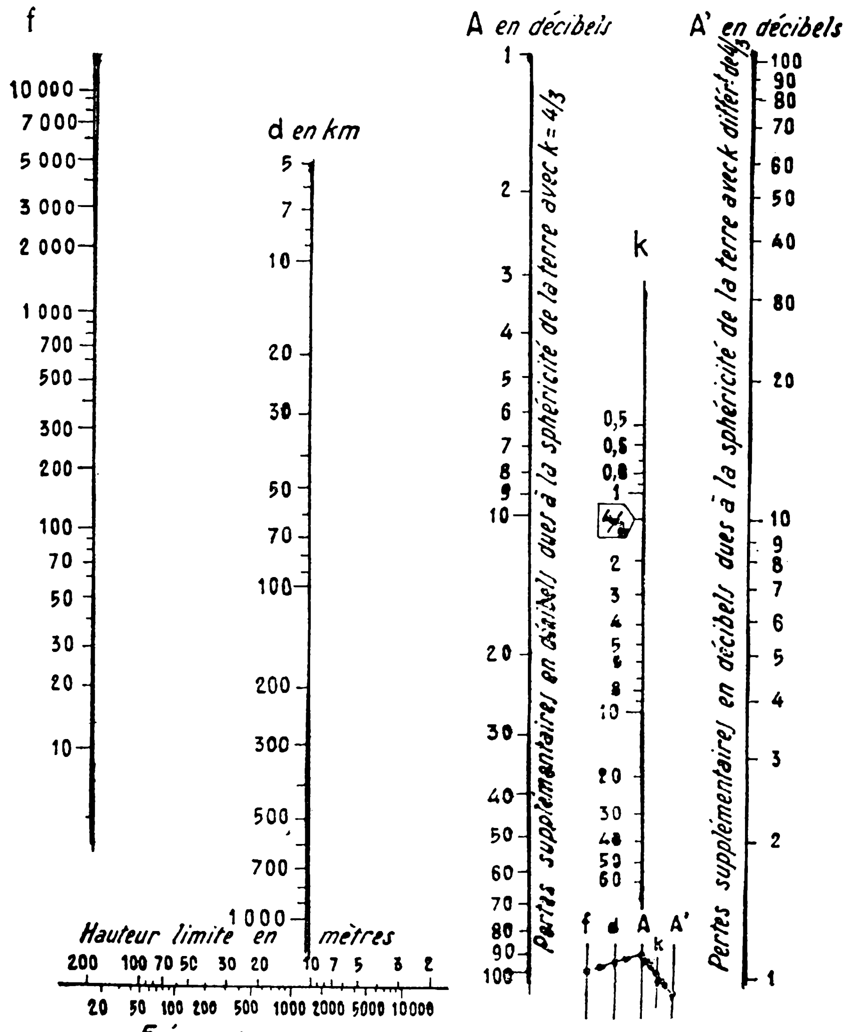


FIG. 5

Il faut déterminer maintenant A_2 comme dans le cas précédent Ceci fait, l'atténuation en décibels est :

$$A_4 = A_2 + A_3$$

Si la hauteur de l'une des antennes dépasse la hauteur limite, diminuer A_4 de 2 dB.

H. — Exemple pour 5 km $<$ d $<$ D

Prenons d = 30 km, h_1 = 300 m, h_2 = 20 m, f = 180 MHz.

Suivons les indications du paragraphe G :

Calculons D. On a d'après (10) :

$D = 3\,500 (\sqrt{300} + \sqrt{30})$ mètres

ou D = 77 000 m = 77 km.

On a bien 5 < d < 77 km.

Passons à l'abaque figure 5. L'échelle A donne A = 4,3 dB. En prenant k = 4/3 c'est l'échelle A qui est à considérer de sorte que $A_3 = A = 4{,}3$ db.

Déterminons A_2 comme dans le cas précédent suivant les indications du § F et en utilisant l'abaque figure 2. Pour d = 30 km et f = 180 MHz on trouve A_o = 103 dB. Il faut se reporter ensuite à l'abaque figure 4 en adoptant pour h_1 et h_2 les véritables hauteurs : 300 et 20 m. On obtient une atténuation A_1 = 100 dB. Cette valeur étant inférieure à celle en espace libre : A_o = 103 dB, c'est A_o qui convient. On a dans le cas présent : $A_2 = A_o$ = 103 décibels et par conséquent :

$$A_4 = A_2 + A_3 = 103 + 4{,}3 = 107{,}3 \text{ dB}.$$

Enfin, comme l'antenne d'émission dépasse la valeur limite qui est de 42 m environ pour f = 180 MHz, nous diminuerons A_4 de 2 dB ce qui aboutit finalement à A_4 = 105,3 dB.

I. — Distance d supérieure à D

C'est le cas d). On doit trouver l'atténuation A_5 qui correspond à ce cas et qui remplace A_3 trouvé dans le cas du paragraphe précédent. Ceci se fait à l'aide de l'abaque figure 6 en tenant compte des indications de la figure 1 (cas d). On a $D_1 + D_2 + D_3 = d$, D_1 et D_2 étant les distances correspondant aux horizons de *l'antenne la moins haute* et *la plus haute* respectivement et D_3 la partie non visible (fig. 1, cas d). On évalue D_1 et D_2 à l'aide de l'abaque figure 7 en alignant la graduation k = 1 avec la hauteur de l'antenne considérée. On doit trouver $D_1 + D_2 \leqslant$ afin que D_3 soit positive $D = d - D_1 - D_2 > 0$.

Connaissant D_1 D_2 D_3 on utilise l'abaque figure 6. On part de la fréquence (échelles de gauche) que l'on aligne avec k = 1 ce qui donne un point M sur la droite non graduée. Ce point est aligné avec l'échelle « D_1 ou D_2 » ce qui donne les atténuations A_6 et A_7 correspondant à D_1 et D_2. On aligne ensuite M avec l'échelle D_3 et on obtient l'atténuation A_8. L'atténuation A_5 est la somme :

$$A_5 = A_6 + A_7 + A_8$$

L'atténuation totale est obtenue en ajoutant à A_5 l'atténuation en espace libre A_o calculée à l'aide de l'abaque figure 2 pour la distance d.

L'atténuation totale est dans ce cas :

$$A_9 = A_o + A_6 + A_7 + A_8$$

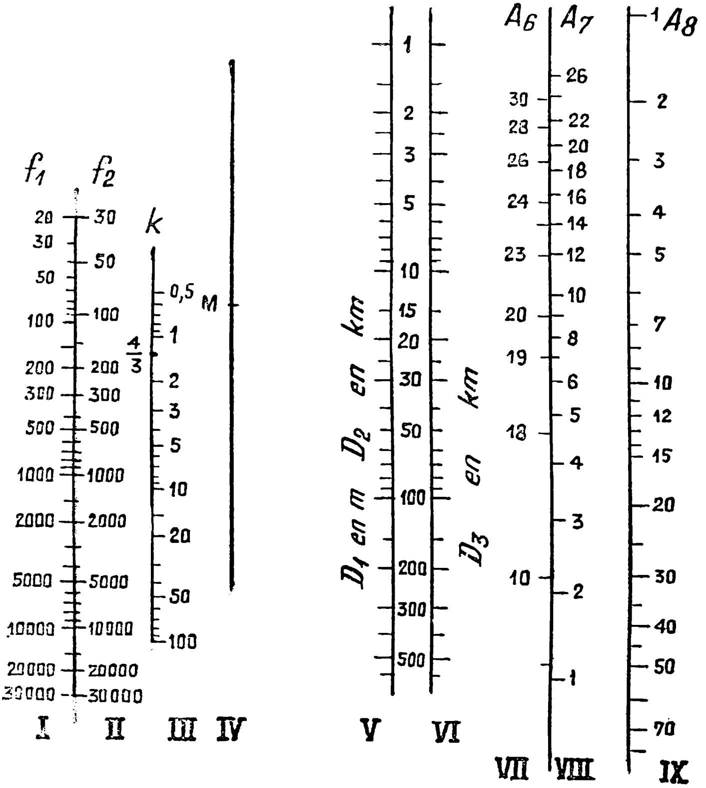


Fig. 6

J. — Exemple pour d > D

Supposons que les données sont les mêmes que dans l'exemple précédent (§ H) mais avec d = 100 km. Les autres données sont : h_1 = 300 m, h_2 = 20 m, f = 180 MHz. On a trouvé D = 77 km ce qui prouve que l'on a bien d > D.

L'abaque figure 7 donne comme distances réelles D_1 et D_2 (k = 1). D_1 = 17 km, D_2 = 52 km et par conséquent D_3 = 100 — 17 — 52 = 31 km. Passons maintenant à l'abaque figure 6.

Alignons 180 MHz (échelle 1) avec k = 1. On détermine un point M sur l'échelle IV. En alignant ce point M avec D_1 = 17 km et on obtient A_6 = 19,2 dB. En alignant D_2 = 52 km avec M on trouve A_2 = 2,5 dB. Alignons enfin D_3 = 31 km (échelle VI) avec M. Nous

lisons sur l'échelle IX, $A_8 = 15$ dB. L'atténuation associée aux distances D_1 D_2 et D_3 est :

$$A_5 = A_6 + A_7 + A_8 = 36{,}7 \text{ dB}$$

Passons à l'abaque figure 2 pour déterminer l'atténuation en l'espace libre. En alignant d = 100 km avec f = 180 MHz, on trouve A_o = 112 décibels.

L'atténuation totale est :

$$A_5 = A_6 + A_7 + A_8 = 148{,}7 \text{ dB}$$

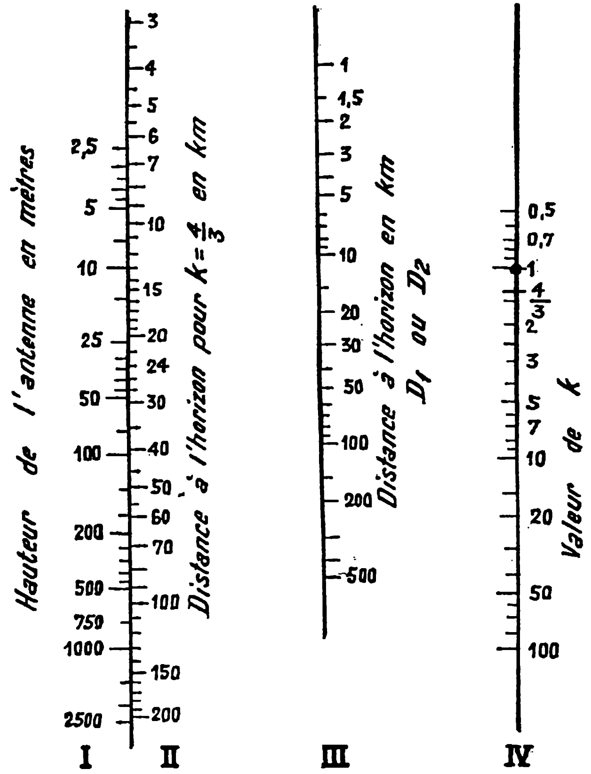


FIG. 7

K. — Présence d'un obstacle

L'abaque figure 8 permet de trouver graphiquement l'atténuation A_{10} correspondant à l'échelle de droite, en alignant d'abord d_1 et H ce qui définit un point M sur la droite non graduée. On aligne ensuite M avec λ ou f et on obtient l'atténuation A_{10} que l'on ajoute à celles trouvées dans les cas précédents. Remarquer que d_1 est inférieure à d_2.

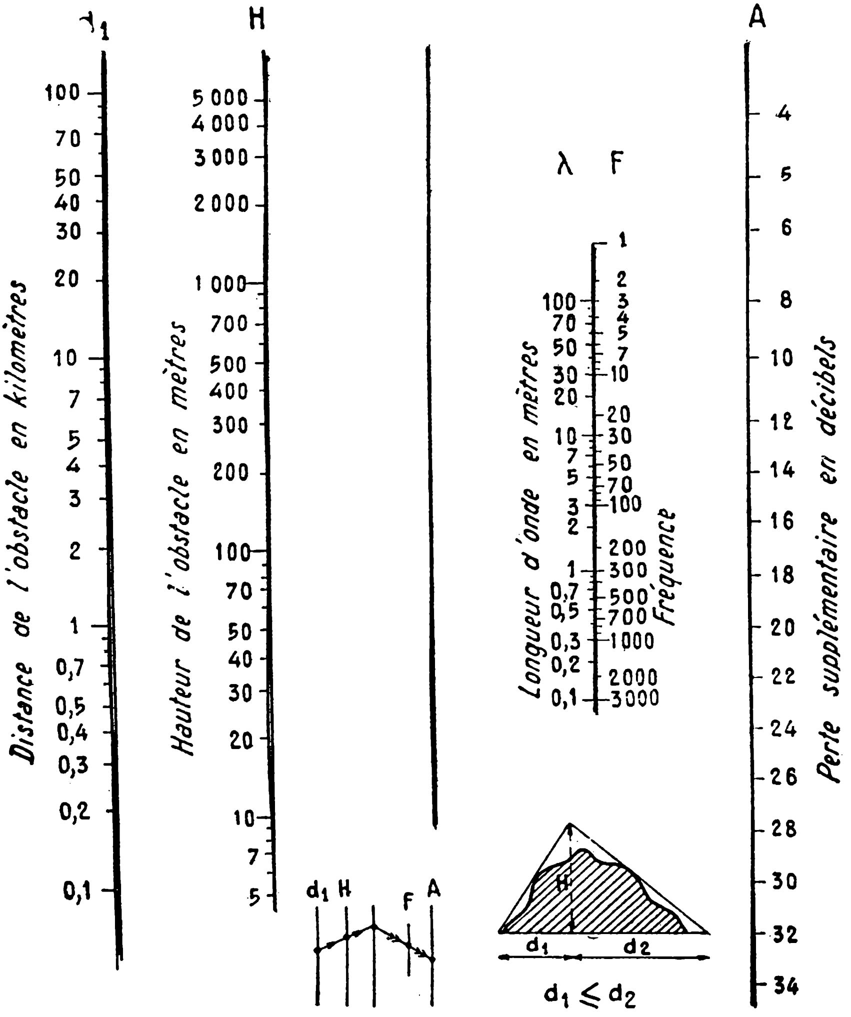


Fig. 8

Ainsi si l'on prend les données de l'exemple précédent (§ J) et si d_1 = 10 km et H = 500 m, on trouve une atténuation supplémentaire A_{10} = 22 dB s'ajoutant à A_9 ce qui donne $A_{11} = A_9 + A_{10}$ = 170,7 db.

Jusqu'à présent il n'a été question que *d'atténuations.*

Il y a lieu également de tenir compte *d'amplifications* dans les cas indiqués ci-après.

L. — Gain des antennes

Dans les déterminations précédentes on a supposé que les deux antennes sont des dipôles demi-onde. En fait on utilise actuellement des antennes à grand gain dont on indique le niveau en décibels par rapport à celui d'une antenne demi-onde prise comme étalon. Si G_1 est le gain en décibels de l'antenne d'émission et G_2 celui de l'antenne de réception ces gains doivent être *retranchés* des atténuations trouvées. Désignons par ΣA l'atténuation correspondant à un cas pris en considération.

L'atténuation devient :

$$A_{12} = \Sigma A - G_1 - G_2$$

Il y a lieu, enfin, de tenir compte de la puissance de l'émetteur. Dans les déterminations précédentes on a supposé que cette puissance est de 1 watt. Soit P_1 la puissance réelle rayonnée par l'émetteur. Un gain $G_3 = 10 \log P_2$ est à retrancher de A_{12} et on obtient finalement :

$$A_{13} = A_{12} - G_3 = \Sigma A - (G_1 + G_2 + G_3)$$

Le gain G_3 est important. Si $P_1 = 100$ kW par exemple on a $G_3 = 10 \log 100\,000 = 50$ dB. De même les antennes qui possèdent des gains de plus de 10 dB donnent lieu à des diminutions sensibles de l'atténuation totale. Si par exemple $G_1 = 10$ dB, $G_2 = 16$ dB et $G_3 = 50$ dB, le gaint total est 76 dB et si $\Sigma A = 148{,}7$ dB, il vient $A_{13} = 72{,}7$ dB.

Signalons toutefois que l'on indique souvent comme puissance rayonnée, la puissance obtenue en tenant compte du gain G_1 aussi, dans ce cas on prendra $G_1 = 0$ dB.

M. — Puissance reçue P_2

La puissance reçue est déduite de la relation :

$$A_{13} = -10 \log P_2 \qquad (11)$$

autrement dit P_2 est le nombre inférieur à 1 qui correspond à A_{13} décibels de puissance.

Si par exemple $A_{13} = -72{,}7$ dB, $P_2 = 53 \cdot 10^{-7}$ W ou encore $P_2 = 5{,}3$ µW.

N. — Tension d'entrée au récepteur

Considérons la figure 9. L'antenne recevant une puissance P_2 équivaut à un générateur de tension E de résistance R débitant sur la résistance R_a présentée par le récepteur. Une tension E_a prend naissance aux bornes de R_a. La puissance P_2 se dissipe dans $R + R_a$ ce qui correspond à :

$$P_2 = \frac{E^2}{R + R_a} \qquad (12)$$

La tension E aux bornes de $R + R_a$ donne lieu à un courant.

$$i = \frac{E_a}{R + R_a}$$

par conséquent la tension E_a est :

$$E_a = \frac{R_a E}{R + R_a} \qquad (13)$$

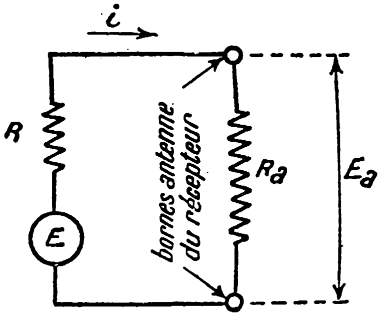


Fig. 9

Comme $E = \sqrt{(R + R_a) P_2}$

$$E_a = R_a \sqrt{\frac{P_2}{R + R_a}} \qquad (14)$$

La *puissance utile* est celle qui se dissipe dans R_a et sa valeur est :

$$P_3 = E_a^2/R_a = \frac{P_2 R_a}{R + R_a} \qquad (15)$$

Lorsqu'il y a *adaptation* $R_a = R$ et dans ce cas on a :

$$\text{Puissance utile : } P_3 = \frac{P_2}{2} \qquad (17)$$

$$\text{Tension aux bornes antenne : } E_a = \sqrt{\frac{P_2 R}{2}} \qquad (17)$$

ce qui donne :

$$P_2 = \frac{2 E_a^2}{R} \qquad (18)$$

La puissance utile est dans ce cas $P_3 = \frac{E_a^2}{R}$ ce qui est évident et comme $E_a = E/2$ lorsqu'il y a adaptation :

$$P_3 = \frac{E^2}{4\ R} \qquad (19)$$

formule bien connue dans les études de souffle.

Le signal de souffle, d'après de nombreux auteurs, doit être trente fois plus faible que la tension du signal. Ainsi, pour un signal de 450 µV la tension de souffle doit être au maximum de 450/30 = 15 µV.

Réciproquement, si l'étude du récepteur aboutit à une tension globale de souffle d'entrée de E_n volts, la tension du signal doit être d'au moins 30 E_n volts pour obtenir une image de qualité. Des réceptions de moindre qualité sont possibles lorsque le signal est inférieur à 30 E_n.

O. — Bibliographie

1. Kenneth Bullington : Radio propagation at frequencies above 30 Megacycles (Proceedings of the I R.E., Vol. 35, Nr 10).

CHAPITRE X

ANTENNES A PLUSIEURS ETAGES OU NAPPES

A. — Méthodes générales

Pour réaliser des antennes à plusieurs étages, il suffit de disposer chaque étage convenablement par rapport aux autres et de connecter entre eux les points de branchement des radiateurs. En général, tous les étages sont identiques.

On peut les superposer exactement l'un sous l'autre ou avec un certain décalage. Il est aussi possible de placer les antennes identiques côte à côte, ou l'une devant l'autre.

La distance entre les plans est toujours la même entre deux étages consécutifs placés l'un sur l'autre.

L'impédance de chaque étage étant Z_a, l'impédance résultante sera Z'_a qui est différente de Z_a et plus faible. Le gain est évidemment augmenté. La directivité reste au moins aussi bonne que celle de chaque étage. La largeur de bande diminue en général.

Nous ne nous occuperons ici que des antennes à nappes (ou étages) exactement associés, sans décalage.

La figure 1 rappelle le symbole que nous avons adopté pour chaque antenne. Ce symbole représente ici un radiateur seul ou bien un radiateur avec éléments parasites.

B. — Montage de deux étages première manière

Chaque étage est disposé horizontalement, l'un sous l'autre. Les points de branchement sont A_1 B_1 pour le premier, A_2 B_2 pour le second. La distance entre les deux étages est $\lambda/2$. La connexion entre les points de branchement s'effectue soit suivant le schéma de la figure 2, soit suivant celui de la figure 4. Considérons d'abord la figure 2. L'impédance de chaque étage est Z_a aux points A_1 B_1 et A_2 B_2. Les points de branchement au câble sont A B, situés exactement au milieu des fils A_1 A_2 et B_1 B_2.

L'impédance aux points A B est moitié de celle aux points A_1 B_1 et A_2 B_2. On a donc : $Z_b = Z_a/2$.

Si l'entrée du téléviseur a une impédance Z_r égale à $Z_a/2 = Z_b$, il est évident que le câble de liaison aura une impédance Z_c égale aussi à Z_r.

Exemple : Chaque étage a une impédance de 150 Ω. Aux points A B, l'impédance est de 75 Ω et on peut connecter, à l'entrée d'un récepteur de 75 Ω, un câble de 75 Ω également. En résumé, il faut que l'impédance de l'entrée soit égale à la moitié de celle de chaque étage.

Supposons maintenant que Z_r est différente de $Z_a/2$. Une adaptation est nécessaire.

Il y a deux façons de la réaliser :

a. — *Première solution.* — L'impédance en A B est $Z_a/2$, différente de Z_R. Le problème se résout en intercalant entre A B et le câble un transformateur d'impédance. La figure 3 montre ce montage.

L'impédance Z_t est la moyenne géométrique de Z_b et Z_R :

$$Z_t = \sqrt{Z_b Z_r} = \sqrt{Z_a Z_r/2}$$

Exemple : $Z_a = 300\ \Omega$, $Z_r = 75\ \Omega$. On a :

$$Z_t = \sqrt{300 . 75/2} = \sqrt{11250}$$

ou $Z_t = 106\ \Omega$, pratiquement $100\ \Omega$.

Le câble a évidemment une impédance $Z_c = Z_r = 75\ \Omega$.

b. *Seconde solution.* — On se sert des tronçons de câble A_1A - B_1B et A_2A - B_2B comme transformateurs d'impédance. C'est la solution la plus élégante (fig. 2).

Soit encore Z_a l'impédance de chaque étage et Z_r celle du récepteur. La distance entre étages étant $\lambda/2$, chaque tronçon a une longueur $\lambda/4$, exactement ce qui convient pour les transformateurs. Leur impédance Z_t doit être la moyenne géométrique de Z_a et $2\ Z_r$.

$$Z_t = \sqrt{2\ Z_r\ Z_a}$$

Reprenons les données de l'exemple précédent : $Z_a = 300\ \Omega$, $Z_r = 75\ \Omega$. On a :

$$Z_t = \sqrt{300 . 75 . 2} = \sqrt{45\,000}$$

ou $Z_t = 10\sqrt{450} = 210\ \Omega$.

On réalise ces transformateurs suivant les indications du chapitre 2.

C. — Montage de deux étages seconde manière

Il s'agit de la liaison bifilaire que l'on croise en un endroit quelconque (fig. 4).

Si Z_a est l'impédance de chaque étage, l'impédance aux points AB de l'étage inférieur est $Z_a/2$. Ce sont les points de branchement d'un câble d'impédance Z_c égale à l'impédance Z_r du récepteur. Ceci au cas où $Z_r = Z_c = Z_a/2$.

Si tel n'est pas le cas on intercale entre les points AB et le câble, un transformateur d'impédance.

$$Z_t = \sqrt{Z_r\ Z_a/2}$$

D. — Montage de trois étages

Ceux-ci se montent suivant la figure 5 avec des câbles dont les fils *se croisent.* L'impédance en AB est le tiers de celle de chaque étage, soit $Z_a/3$. Si l'impédance du récepteur est $Z_a/3$, on utilisera un câble de même impédance ; si les impédances sont différentes ; on intercalera entre AB et le câble d'impédance $Z_c = Z_r$ un transformateur $\lambda/4$ d'impédance $Z_t = \sqrt{Z_a\ Z_r/3}$.

Remarquons que, dans tous ces problèmes d'adaptation, il est souvent possible de s'arranger pour que l'impédance aux points de branchement du câble de liaison soit égale à celle du récepteur en montant des radiateurs à tubes de diamètres différents.

Fig. 1

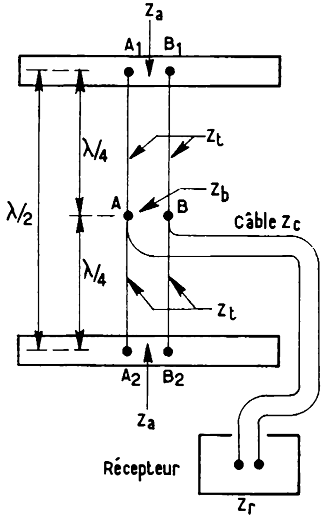


Fig. 2

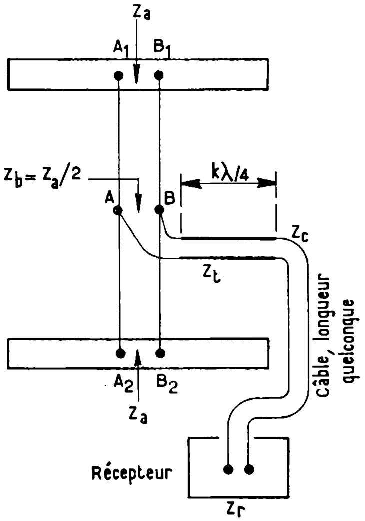


Fig. 3

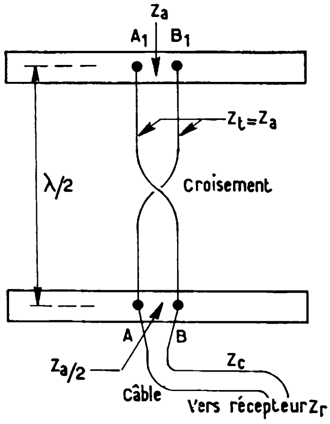


Fig. 4

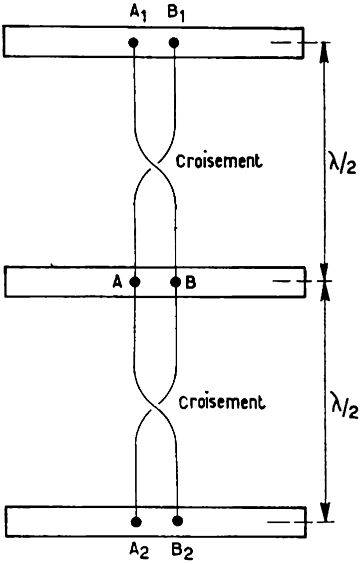


Fig. 5

E. — Montage de quatre étages

La figure 6 montre une manière de connecter quatre étages.

L'impédance de chaque étage est Z_a. Aux points A_2 B_2 et A_3 B_3 l'impédance est $Z_a/2$ et aux points A B elle est $Z_a/4$. Pour qu'il y ait adaptation il faut que $Z_a/4$ soit égale à Z_R et le câble aura la même impédance $Z_c = Z_r = Z_a/4$.

On peut obtenir ce résultat en utilisant comme radiateurs des éléments d'impédance telle que la valeur $Z_a = 4\ Z_r$ soit obtenue (voir méthode le paragraphe précédent).

Les câbles A_1 B_1 - A_2 B_2 et A_3 B_3 - A_4 B_4 doivent avoir une impédance égale à Z_a.

Le câble A_3 A_2 - B_3 B_2 doit avoir une impédance de $Z_a/2$ de sorte que l'impédance en AB soit $Z_a/4$. Il est également possible de se servir des tronçons A A_2 - B B_2 et A A_3 - B B_3 pour effectuer l'adaptation au cas où Z_r serait différente de $Z_a/4$.

Voici comment procéder : Aux points A_2 B_2 et A_3 B_3 l'impédance est $Z_a/2$. Aux points AB l'impédance doit être Z_r, c'est-à-dire 2 Z_r en regard de chaque groupe de deux étages. Il faut donc que les impédances Z_t des deux tronçons $\lambda/4$, A_2 B_2 - A B et A_3 B_3 - A B, soient la moyenne géométrique de $Z_a/2$ et 2 Z_r

$$Z_t = \sqrt{2\ Z_r\ Z_a/2} = \sqrt{Z_r\ Z_a}$$

Si les câbles d'adaptation $K\lambda/4$ sont trop courts pour être branchés entre deux emplacements on tournera la difficulté en utilisant des câbles de *longueur trois quarts d'onde,* c'est-à-dire avec un diélectrique de constante ε, longs de 3 $K\lambda/4$.

Les quatre étages peuvent aussi être connectés suivant le schéma de la figure 7.

La distance entre étages est toujours $\lambda/2$. On les groupe par deux : groupe comprenant le premier et le second étage et groupe comprenant le troisième et le quatrième étage. Pour chaque groupe on procède comme dans une antenne à deux étages. L'impédance aux points A' B' et A" B" est $Z_a/2$. Les câbles A_1 B_1 - A_2 B_2 et A_3 B_3 - A_4 B_4 ont une impédance Z_b égale à Z_a.

Il s'agit maintenant de connecter les points A' B' et A" B" aux points terminaux d'antenne, A B.

Ceci s'effectue avec des câbles d'impédance Z_t de façon que l'impédance aux points A B soit évidemment égale à Z_c et Z_r.

Deux cas se présentent : 1° Si $Z_r = Z_c = Z_a/4$, l'impédance en A B sera $Z_a/4$ et les câbles A' B' - A B et A" B" - A B auront une impédance.

$$Z'_t = Z''_t = Z_a/2$$

2° $Z_a/4$ est différent de $Z_c = Z_r$. On procède à une adaptation en se servant des tronçons A_1 B_1 - A_2 B_2 et A_3 B_3 - A_4 B_4 comme transformateurs d'impédance. Voici comment on raisonne : l'impédance du récepteur est Z_r. Le câble Z_c a la même impédance :

$$Z_c = Z_r$$

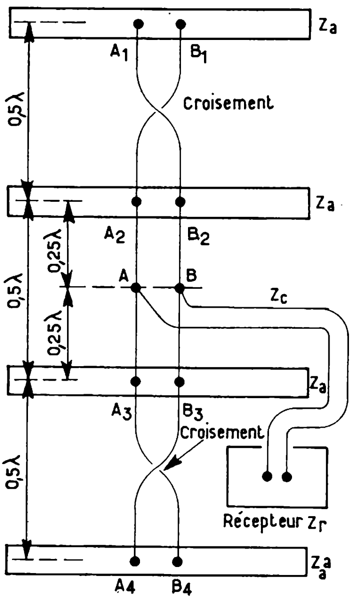


FIG. 6

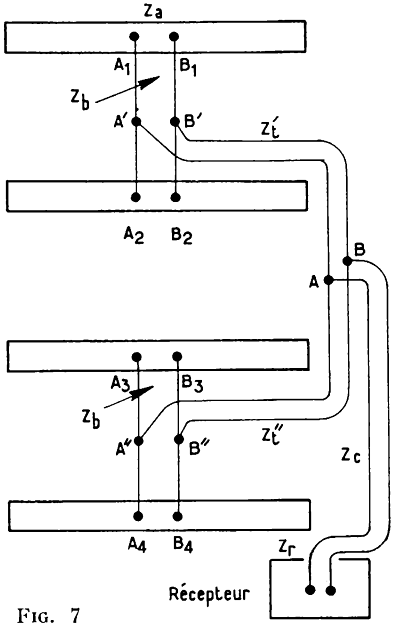


FIG. 7

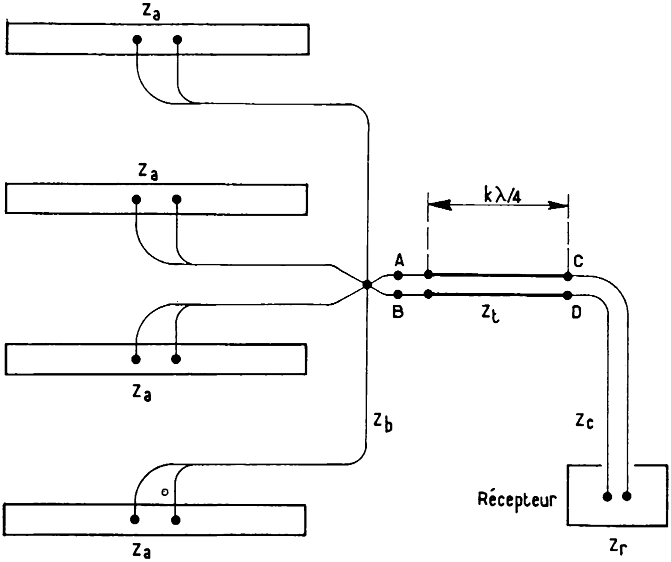


FIG. 8

Aux points A B on scinde ce câble en deux câbles d'impédance double, $Z'_t = Z''_t = 2 Z_r$, leur longueur pouvant être quelconque. Il faut donc que l'impédance aux points A' B' et A" B" soit $2 Z_r$, mais en regard de chaque étage séparé elle est $4 Z_r$. L'adaptation consiste à utiliser les tronçons de λ/4, $A_1 B_1$ - A' B', $A_2 B_2$ - A' B', etc., avec une impédance

$$Z_b = \sqrt{Z_a . 4 Z_r}$$

ou

$$Z_b = 2 \sqrt{Z_a Z_r}$$

Rappelons encore que si des câbles « λ/4 » ne sont pas réalisables, on utilsera des câbles « 3 λ/4 », c'est-à-dire longs de 3 Kλ/ s'ils ne sont pas à diélectrique air :

Exemple : $Z_a = 600\ \Omega$, $Z_r = 300\ \Omega$. On a :

$Z_c = 300\ \Omega$

$Z'_t = Z''_t = 600\ \Omega$

$Z_b = 2 \sqrt{300 . 600} = 484\ \Omega$

valeur qui permet facilement une réalisation avec deux tubes parallèles en l'air.

Voici encore une autre méthode d'adaptation (fig. 8). Chaque étage est connecté par un câble aux points AB (emplacement indifférent) de façon à réunir les points A_1, A_2, A_3, A_4 à A et B_1 B_2, B_3 à B. Tous ces câbles doivent avoir la même longueur d'ailleurs quelconque. Entre AB et CD on intercale un transformateur λ/4. Vient ensuite le câble de liaison au poste.

Les impédances ont les valeurs suivantes :

$$Z_b = Z_a$$

Impédances aux points AB : $Z_a/4$.

Impédance du câble transformateur :

$$Z_t = \sqrt{Z_r Z_a/4} = \frac{\sqrt{Z_r Z_a}}{2}$$

Exemple 1 : $Z_a = 300\ \Omega$, $Z_r = 300\ \Omega$, $Z_b = 300\ \Omega$, $Z_c = 300\ \Omega$, $Z_t = 150\ \Omega$.

Exemple 2 : $Z_a = 300\ \Omega$, $Z_r = 75\ \Omega$, $Z_b = 300\ \Omega$, $Z_c = 75\ \Omega$, $Z_t = 75\ \Omega$. Avec ces valeurs il y a d'ailleurs adaptation et le transformateur devient inutile car l'impédance aux points A B est de 75 Ω et on peut connecter en ces points le câble de 75 Ω directement.

Exemple 3 : $Z_a = 35\ \Omega$, $Z_r = 75\ \Omega$, $Z_b = 35\ \Omega$, $Z_c = 75\ \Omega$,

$$Z_t = \frac{\sqrt{35 . 75}}{2} = 26\ \Omega \text{ env.}$$

On retrouvera aux chapitres traitant des antennes Yagi des procédés pratiques de réalisation des antennes à deux et quatre étages, inspirés des principes généraux indiqués dans le présent chapitre.

CHAPITRE XI

ANTENNES YAGI POUR VHF

A. — Constitution d'une antenne Yagi

Une antenne Yagi, la plus répandue en France, se compose (voir fig. 1) d'un bras de diamètre D_b supportant les éléments de l'antenne :

a) Un réflecteur de longueur F et de diamètre d ;

b) Un radiateur de longueur R et dont le détail de construction est indiqué par les figures 2, 3 et 4.

c) Un certain nombre de directeurs désignés par D_1, D_2, D_3... de diamètres d_1 d_2, d_3... Ces éléments sont écartés, d'axe en axe des longueurs E_{FR}, E_{RD1}, $E_{D1\,D2}$, $E_{D2\;D3}$, etc.

Tous les éléments autres que le radiateur R sont fixés sur le bras qui est métallique comme tous les éléments de l'antenne.

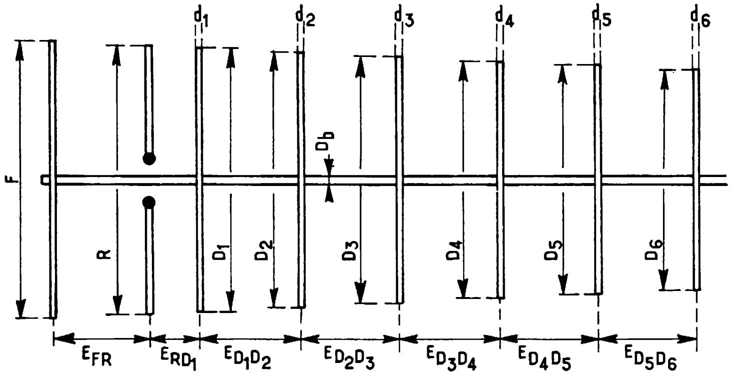


Fig. 1

Ils peuvent être en contact électrique direct avec le bras donc vissés ou soudés sur celui-ci, ou isolés du bras. Les résultats sont, dans le dernnier cas, légèrement supérieurs.

Tous les éléments sont en métal léger, aluminium ou duralumin, en tubes vides, ou pleins si le diamètre extérieur est inférieur à 5 mm.

Le radiateur se réalise avec deux tubes qui sont : *a*) le tube non coupé qui se fixe par son milieu au bras comme les autres éléments de l'antenne (voir figures 2, 3 et 4).

b) le tube coupé au milieu dont les points X et Y, auxquels on connecte le câble de liaison coaxial de 75 Ω, ne doivent pas être en contact direct avec le bras.

Si, toutefois, tous les éléments sont isolés de celui-ci on pourra connecter le point Y relié à la tresse métallique du câble, au bras métallique.

Le détail du câble coaxial 75 Ω est donné par la figure 5.

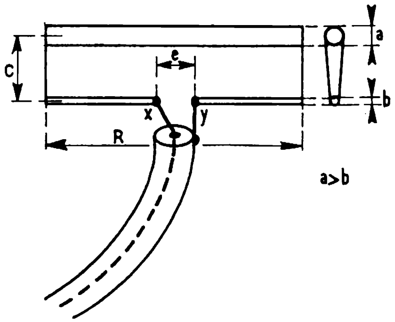


Fig. 2

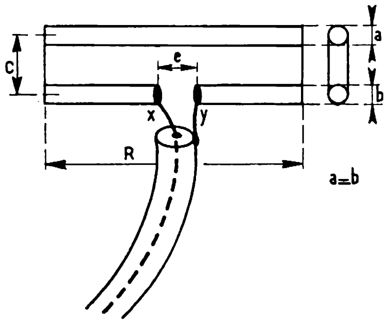


Fig. 3

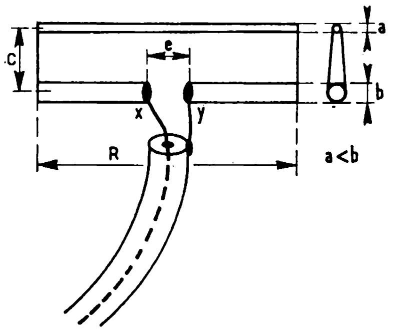


Fig. 4

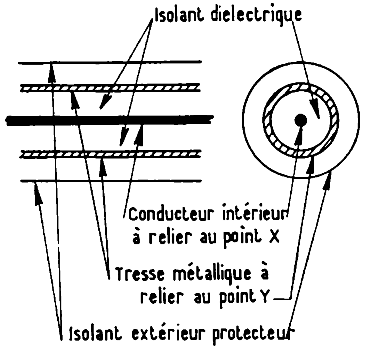


Fig. 5

B. — Fixation des éléments

Pour isoler les éléments du bras, on peut imaginer un dispositif quelconque pourvu qu'il effectue des fixations robustes et empêchant les éléments de tourner.

Sur la figure 6 on voit le bras sur lequel on a fixé à l'aide de deux vis c et d une plaquette isolante. Sur cette dernière, on monte l'élément de l'antenne, à l'aide des vis a et b suffisamment distantes du bras pour ne pas le toucher.

Grâce à la fixation des tubes en deux points, il n'y a aucune possibilité de rotation de l'élément de l'antenne par rapport au bras, les deux tubes restant ainsi perpendiculaires. Le tube non coupé du radiateur sera fixé sur le bras de la même manière si on désire l'isoler, ce qui est recommandé.

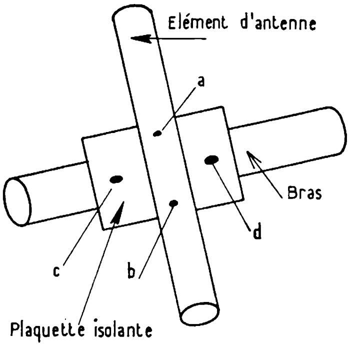


FIG. 6

C. — Polarisation

Dans le cas de la polarisation verticale, le plan de l'antenne, défini par le bras et les éléments mentionnés plus haut, sera vertical et dans le cas de la polarisation horizontale ce plan sera horizontal. Dans les deux éventualités, l'antenne sera orientée de façon que le bras soit dirigé vers l'émetteur et que les directeurs se trouvent du côté de celui-ci, le réflecteur étant du côté opposé.

D. — Dimensions des éléments

1° Ecartements E :

Tous égaux à 0,18 λ sauf E_{RD1} (entre radiateur et directeur 1) égal à la moitié, soit 0,09 λ.

2° Longueur du réflecteur :

$$F = \lambda/2$$

3° Longueur du radiateur :

$$R = 0{,}95\ \lambda/2$$

4° Longueur des directeurs :

Valeurs inférieures à 0,9 λ/2 données par le tableau I ci-après :

TABLEAU I

	Longueur des éléments en fonction de $\lambda/2$											
Nombre total des éléments	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Gain approx. en décibels	0	5	8	9	9,5	10	11	12	13,5	15	15,5	16
Résistance en ohms ...	75	25	22	20	19	18	16	14	12,5	11	10	9,5
Résistance propre du radiateur en ohms ...	75	225	250	280	300	310	350	400	450	520	560	600
Réflecteur F	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Radiateur R	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Directeur 1 D_1			0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
— 2 D_2				0,885	0,885	0,885	0,885	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
— 3 D_3					0,87	0,87	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
— 4 D_4						0,96	0,86	0,87	0,87	0,87	0,87	0,88
— 5 D_5							0,83	0,86	0,87	0,87	0,87	0,87
— 6 D_6								0,83	0,87	0,87	0,87	0,87
— 7 D_7									0,83	0,86	0,86	0,86
— 8 D_8										0,83	0,83	0,86
— 9 D_9											0,83	0,83
— 10 D_{10}......												0,83

Multiplier les coefficients 1, 0,95, 0,9 etc. par $\lambda/2$.

E. — Autres dimensions

Reportons-nous à la figure 1. Les diamètres des tubes autres que ceux du radiateur seront choisis comme suit :

Diamètre du bras D_b : valeur quelconque mais suffisante pour assurer la solidité et la rigidité de l'antenne :

25 à 35 mm pour la bande III (canaux de fréquences supérieures à 150 MHz.

35 à 55 mm pour la bande I (canaux de fréquences inférieures à 90 MHz.

Diamètre des réflecteurs et directeurs :

4 à 6 mm pour la bande III

10 à 15 mm pour la bande I.

Ecartement des points X et Y du radiateur (voir figure 2) :

6 à 20 mm bande III

12 à 30 mm bande I

L'écartement c (figures 2, 3 et 4) ne doit jamais être supérieur au dixième de la longueur totale du radiateur.

F. — Radiateurs

Les divers radiateurs indiqués sur le tableau I ont des résistances différentes et doivent être réalisés d'après l'un des types des figures 2, 3 ou 4.

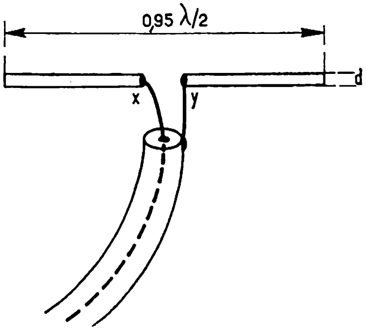


FIG. 7

Indiquons, qu'en ce qui concerne l'antenne à un seul élément composée uniquement d'un radiateur celui-ci est constitué tout simplement d'un tube coupé au milieu de longueur 0,95 $\lambda/2$ comme le montre la

figure 7. Le diamètre du tube sera celui indiqué plus haut pour les éléments de l'antenne de la figure 1 c'est-à-dire 4 à 6 mm pour la bande III et 10 à 15 mm pour la bande I. Des valeurs supérieures sont recommandées également surtout pour la bande I.

Les longueurs des tubes sont 0,95 $\lambda/2$ pour tous les radiateurs. Reste à connaître les valeurs des diamètres a, b et l'écartement d'axe en axe, indiqués sur les figures 2 et 4, en fonction de la résistance propre indiquée sur le tableau I.

Nous les donnons au tableau II sous forme de rapports a/b et c/b pour les antennes de 2 à 12 éléments.

TABLEAU II

Antenne nombre des éléments	Rapport a/b	Rapport c/b	Radiateur figure
2	0,6	1,8	4
3	0,8	2	4
4	0,9	3,6	4
5	1	quelconque	3
6	1	quelconque	3
7	1,5	10	2
8	2	10	2
9	2	5,5	2
10	4	20	2
11	4	14	2
12	4	10	2

G. — Détermination de λ

On connaît le canal pour lequel on désire réaliser l'antenne. Pour trouver λ il faut faire la moyenne entre les deux porteuses image et son

$$f = \frac{f_i + f_s}{2} \text{ en MHz}$$

et calculer λ à l'aide de la formule :

$$\lambda = \frac{300}{f} \text{ mètres}$$

Les valeurs de f_i, f_s, f et λ sont données par le tableau III ci-après :

TABLEAU III

Canal français	Fréquence porteuse image f_i (MHz)	Fréquence porteuse son f_s (MHz)	Fréquence médiane f (MHz)	λ (cm)	λ/2 (cm)
1	43	54,15	48,575	620	310
3	52,4	41,25	46,82	640	320
3	56,15	67,3	61,72	486	243
4	65,55	54,4	59,97	500	250
5	164	175,15	169,57	176	88
6	173,4	162,25	167,82	179	89,5
7	177,15	188,3	182,72	164	82
8	186,55	175,4	180,97	166	83
8A	185,25	174,1	179,67	167	83,5
9	190,3	201,45	195,87	151	75,05
10	199,7	188,55	194,12	154	77
11	203,45	214,6	209	143	71,5
12	212,85	201,7	207,27	144	72

Connaissant λ et λ/2 il suffira de les multiplier par les valeurs figurant sur le tableau I pour trouver les longueurs des éléments.

H. — Exemple de détermination

Soit à construire une antenne à 8 éléments, résistance 75 Ω pour le canal français 11.

On procédera dans l'ordre indiqué pour les étapes ci-après.

Etape 1 — Valeurs de λ et λ/2

Le tableau III donne pour le canal 11 :

$$\lambda = 143 \text{ cm}$$
$$\lambda/2 = 71{,}5 \text{ cm}$$

Etape 2 — Longueurs des éléments

Le tableau I donne :

Réflecteur	= F	= λ/2		= 71,5 cm		
Radiateur	= R	= 0,95	λ/2	= 0,95 . 71,5	=	68 cm
Directeur 1	= D_1	= 0,9	λ/2	= 0,9 . 71,5	=	64 cm
— 2	= D_2	= 0,9	λ/2	= 0,9 . 71,5	=	64 cm
— 3	= D_3	= 0,88	λ/2	= 0,88 . 71,5	=	63 cm
— 4	= D_4	= 0,87	λ/2	= 0,87 . 71,5	=	62 cm
— 5	= D_5	= 0,86	λ/2	= 0,86 . 71,5	=	61,5 cm
— 6	= D_6	= 0,83	λ/2	= 0,83 . 71,5	=	59 cm

Etape 3 — Ecartements

On tiendra compte des indications données précédemment et que nous résumons à nouveau ci-après au tableau IV :

Tableau IV

Ecartements entre éléments

Tous écartements : 0,18 λ

Ecartement entre radiateur et directeur 1 : 0,09 λ

on trouve pour le canal 11, avec $\lambda = 143$ cm :

Tous écartements : 0,18 λ = 0,18 . 143 = 26 cm, sauf :

Ecartement entre R et D_1 : 0,09 λ = . 143 = 13 cm.

Etape 4 — Autres dimensions

En tenant compte des notations de la figure 2 et des indications données on pourra adopter pour le canal 11 de la bande III des diamètres de tubes de 4 à 6 mm, le diamètre du bras sera de 25 à 35 mm.

La longueur du bras est égale à la somme des écartements soit :

L (bras) = (6 . 26) + 156 + 13 = 169 cm, pratiquement 180 cm, afin de pouvoir, si nécessaire, déplacer vers l'arrière le réflecteur au cours de la mise en point qui sera décrite plus loin.

La distance entre les points X et Y du radiateur sera, comme il a été conseillé : XY = 6 à 20 mm.

Etape 5 — Détermination du radiateur

Les deux tubes auront une longueur de 0,95 $\lambda/2$ = 68 cm comme il a été calculé plus haut. Le tube non coupé aura un diamètre a, celui qui est coupé au milieu un diamètre b et leur distance d'axe en axe est c.

Pour l'antenne à 8 éléments, le tableau II donne :

$$\frac{a}{b} = 2 \text{ d'où } a = 2\,b$$

$$\frac{c}{b} = 10 \text{ d'où } c = 10\,b$$

Il faut que c soit plus faible que le dixième de la longueur totale du radiateur donc :

$$c < m = 6{,}8 \text{ cm} = 68 \text{ mm}$$

d'où l'on déduit que b = c/10 doit être inférieur à 6,8 mm.

Nous choisirons donc un tube de 4 mm par exemple pour le tube coupé et on aura :

$$b = 4 \text{ mm}$$
$$a = 2\,b = 8 \text{ mm}$$
$$c = 10\,b = 40 \text{ mm}$$

et le radiateur aura la forme de la figure 2 comme l'indique le tableau II.

Sur la même figure on montre la manière d'assembler les deux tubes à l'aide de deux plaquettes métalliques. On effectuera l'assemblage par soudure en s'adressant *obligatoirement* à un soudeur spécialiste s'il s'agit d'aluminium ou de duralumin. Avec les tiges en cuivre, on pourra essayer d'effectuer soi-même les soudures, mais même pour ce cas, l'intervention d'un spécialiste est préférable, car il faut que cet assemblage soit impeccable et rigide. Les deux extrémités de la coupure X et Y pourront être maintenues par une petite tige isolante, comme le montre la figure 8 ou à l'aide d'un tube isolant entrant dans les deux tubes métalliques comme on le voit sur la figure 9.

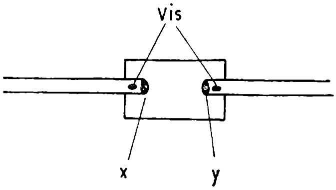


FIG. 8

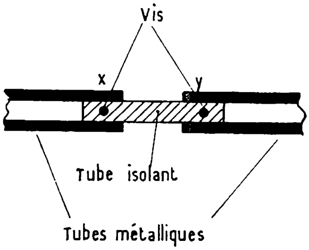


FIG. 9

L'antenne peut être peinte ou recouverte d'un enduit protecteur quelconque sans aucun inconvénient pour son rendement comme il a été prouvé par des mesures.

Etape 6 — Fixation du mât

L'antenne étant terminée on déterminera le centre de gravité G en la suspendant par le bras.

Le point G étant déterminé on montera l'antenne sur le mât qui devra être très solide.

Remarque importante

Les antennes montées extérieurement doivent faire l'objet d'une assurance contre les accidents qui pourraient se produire pour une raison quelconque. Avec des antennes commerciales, l'assurance est souvent souscrite par le fabricant de l'antenne ou par l'installateur.

CHAPITRE XII

VALEURS NUMERIQUES DES DIMENSIONS DES ANTENNES YAGI VHF ANTENNES A DEUX ETAGES

A. — Valeurs numériques

Dans notre précédent chapitre, nous avons indiqué les dimensions des antennes Yagi de 1 à 12 éléments pour les canaux français I et III en fonction de la fréquence médiane du canal ou de la longueur d'onde λ correspondante.

Voici maintenant les valeurs numériques convenant aux 12 canaux français dont les fréquences porteuses, la fréquence médiane, la longueur d'onde λ et la demi-longueur d'onde ont été indiquées au tableau III (préc. Chapitre).

Les tableaux V à XIX donnent ces valeurs :

TABLEAU V

ANTENNE 1 ÉLÉMENT

Canal	Long. radiateur 0,95 λ/2
1	294 cm
2	304
3	231
4	238
5	83,5
6	85
7	78
8	79
8A	79,3
9	71,7
10	73
11	68
12	68,5

TABLEAU VI

ANTENNE 2 ÉLÉMENTS
réflecteur + radiateur

Canal	Long. réflect. λ/2	Long. rad. 0,95 λ/2
1	310	294
2	320	304
3	243	231
4	250	238
5	88	83,5
6	89,5	85
7	82	78
8	83	79
8a	83,5	79,3
9	75,5	71,7
10	77	73
11	71,5	68
12	72	68,5

TABLEAU VII

ANTENNES 3 ÉLÉMENTS

Canal	Réflecteur = λ/2	Radiateur R = 0,95 λ/2	Directeur 1 D_1 = 0,9 λ/2
1	310	294	280
2	320	304	288
3	243	231	220
4	250	238	225
5	88	83,5	79,5
6	89,5	85	80,5
7	82	78	74
8	83	79	75
8a	83,5	79,3	75,2
9	75,5	71,7	68
10	77	73	69,5
11	71,5	68	64,5
12	72	68,5	65

TABLEAU VIII

ANTENNES 4 ÉLÉMENTS

Canal	Réflecteur = $\lambda/2$	Radiateur R = 0,95 $\lambda/2$	Directeur 1 D_1 = 0,9 $\lambda/2$	Directeur 2 D_2 = 0,885 $\lambda/2$
1	310	294	280	275
2	320	304	288	283
3	243	231	220	215
4	250	238	225	221
5	88	83,5	79,5	78
6	89,5	85	80,5	79,5
7	82	78	74	72,5
8	83	79	75	73,5
8a	83,5	79,3	75,5	74
9	75,5	71,7	68	67
10	77	73	69,5	68
11	71,5	68	64,5	63,5
12	72	68,5	65	63,7

TABLEAU IX

ANTENNES 5 ÉLÉMENTS

Canal	Réflecteur F = $\lambda/2$	Radiateur R = 0,95 $\lambda/2$	Directeur 1 D_1 = 0,9 $\lambda/2$	Directeur 2 D_2 = 0,885 $\lambda/2$	Directeur 3 D_3 = 0,87 $\lambda/2$
1	310	294	280	275	270
2	320	304	288	283	278
3	243	231	220	215	212
4	250	238	225	221	217
5	88	83,5	79,5	78	76,5
6	89,5	85	80,5	79,5	78
7	82	78	74	72,5	71,5
8	83	79	75	73,5	72
8a	83,5	79,5	75,5	74	73
9	75,5	71,7	68	67	65,7
10	77	73	69,5	68	67
11	71,7	68	64,5	63,5	62
12	72	68,5	65	63,7	62,5

TABLEAU X
ANTENNES 6 ELEMENTS

Canal	Réflecteur $r' = \lambda/2$	Radiateur $R = 0{,}95\,\lambda/2$	Directeur 1 $D_1 = 0{,}9\,\lambda/2$	Directeur 2 $D_2 = 0{,}885\,\lambda/2$	Directeur 3 $D_3 = 0{,}87\,\lambda/2$	Directeur 4 $D_4 = 0{,}86\,\lambda/2$
1	310	294	280	275	270	266
2	320	304	288	283	278	275
3	243	231	220	215	212	210
4	250	238	225	221	217	215
5	88	83,5	79,5	78	76,5	75,5
6	89,5	85	80,5	79,5	78	77
7	82	78	74	72,5	71,5	70,5
8	83	79	75	73,5	72	71
8 a	83,5	79,5	75,2	74	73	72
9	75,5	71,7	68	67	65,7	64,5
10	77	73	69,5	68	67	66
11	71,5	68	64,5	63,5	62	61,5
12	72	68,5	65	63,7	62,5	62

TABLEAU XI
ANTENNES 7 ELEMENTS

Canal	$F = \lambda/2$	$R = 0{,}95\ \lambda/2$	$D_1 = 0{,}9\ \lambda/2$	$D_2 = 0{,}885\ \lambda/2$	$D_3 = 0{,}87\ \lambda/2$	$D_4 = 0{,}86\ \lambda/2$	$D_5 = 0{,}83\ \lambda/2$
1	310	294	280	275	270	266	257
2	320	304	288	283	278	275	265
3	243	231	220	215	212	210	202
4	250	238	225	221	217	215	208
5	88	83,5	79,5	78	76,5	75,5	73
6	89,5	85	80,5	79,5	78	77	74,5
7	82	78	74	72,5	71,5	70,5	68
8	83	79	75	73,5	72	71	69
8 a	83,5	79,5	75,2	74	73	72	69,5
9	75,5	71,7	68	67	65,7	65	62
10	77	73	69,5	68	67	66	64
11	71,5	68	64,5	63,5	62	61,5	59,5
12	72	68,5	65	63,7	62,5	62	60

TABLEAU XII
ANTENNES 8 ÉLÉMENTS

Canal	$F = \lambda/2$	$R = 0{,}95\ \lambda/2$	$D_1 = D_2 = 0{,}9\ \lambda/2$	$D_3 = 0{,}88\ \lambda/2$	$D_4 = 0{,}87\ \lambda/2$	$D_5 = 0{,}86\ \lambda/2$	$D_6 = 0{,}83\ \lambda/2$
1	310	294	280	272	270	266	257
2	320	304	283	281	278	275	265
3	243	231	220	213	212	210	202
4	250	238	225	220	217	215	208
5	88	83,5	79,5	77,5	76,5	75,5	73
6	89,5	85	80,5	79	78	77	74,5
7	82	78	74	72	71,5	70,5	68
8	83	79	75	73	72	71	69
8 a	83,5	79,5	75,2	73,5	73	72	69,5
9	75,5	71,7	68	66,5	65,7	65	62
10	77	73	69,5	67,5	67	66	64
11	71,5	68	64,5	63	62	61,5	59,5
12	72	68,5	65	63,2	62,5	62	60

TABLEAU XIII
ANTENNES 9 ELEMENTS

Canal	$F = \lambda/2$	$R = 0{,}95\ \lambda/2$	$D_1 = D_2 = 0{,}9\ \lambda/2$	$D_3 = 0{,}88\ \lambda/2$	$D_4 = D_5 = D_6 = 0{,}87\ \lambda/2$	$D_7 = 0{,}83\ \lambda/2$
1	310	294	280	272	270	257
2	320	304	283	281	278	265
3	243	231	220	213	212	202
4	250	238	225	220	217	208
5	88	83,5	79,5	77,5	76,5	73
6	89,5	85	80,5	79	78	74,5
7	82	78	74	72	71,5	68
8	83	79	75	73	72	69
8 a	83,5	79,5	75,2	73,5	73	69,5
9	75,5	71,7	68	66,5	65,7	62
10	77	73	69,5	67,5	67	64
11	71,5	68	64,5	63	62	59,5
12	72	68,5	65	63,2	62,5	60

TABLEAU XIV

ANTENNES 10 ELEMENTS

Canal	$F = \lambda/2$	$R = 0{,}95\ \lambda/2$	$D_1 = D_2 = 0{,}9\ \lambda/2$	$D_3 = 0{,}88\ \lambda/2$	$D_4 = D_5 = D_6 = 0{,}87\ \lambda/2$	$D_7 = 0{,}86\ \lambda/2$	$D_8 = 0{,}83\ \lambda/2$
1	310	294	280	272	270	266	257
2	320	304	283	281	278	275	265
3	243	231	220	213	212	210	202
4	250	238	225	220	217	215	208
5	88	83,5	79,5	77,5	76,5	75,5	73
6	89,5	85	80,5	79	78	77	74,5
7	82	78	74	72	71,5	70,5	68
8	83	79	75	73	72	71	69
8 a	83,5	79,3	75,2	73,5	73	72	69,5
9	75,5	71,7	68	66,5	65,7	65	62
10	77	73	69,5	67,7	67	66	64
11	71,5	68	64,5	63	62	61,5	59,5
12	72	68,5	65	63,2	62,5	62	60

TABLEAU XV

ANTENNES 11 ELEMENTS

Canal	$F = \lambda/2$	$R = 0{,}95\ \lambda/2$	$D_1 = D_2 = 0{,}9\ \lambda/2$	$D_3 = 0{,}88\ \lambda/2$	$D_4 = D_5 = D_6 = 0{,}87\ \lambda/2$	$D_7 = 0{,}86\ \lambda/2$	$D_8 = D_9 = 0{,}83\ \lambda/2$
1	310	294	280	272	270	266	257
2	320	304	283	281	278	275	265
3	243	231	220	213	212	210	202
4	250	238	225	220	217	215	208
5	88	83,5	79,5	77,5	76,5	75,5	73
6	89,5	85	80,5	79	78	77	74,5
7	82	78	74	72	71,5	70,5	68
8	83	79	75	73	72	71	69
8 a	83,5	79,3	75,2	73,5	73	72	69,5
9	75,5	71,7	68	66,5	65,7	65	62
10	77	73	69,5	67,5	67	66	64
11	71,5	68	64,5	63	62	61,5	59,5
12	72	68,5	65	63,2	62,5	62	60

TABLEAU XVI
ANTENNES 12 ELEMENTS

Canal	$F = \lambda/2$	$R = 0{,}95\ \lambda/2$	$D_1 = D_2 = 0{,}9\ \lambda/2$	$D_3 = D_4 = 0{,}88\ \lambda/2$	$D_5 = D_6 = 0{,}87\ \lambda/2$	$D_7 = D_8 = 0{,}86\ \lambda/2$	$D_9 = D_{10} = 0{,}83\ \lambda/2$
1	310	294	280	272	270	266	257
2	320	304	283	281	278	275	265
3	243	231	220	213	212	210	202
4	250	238	225	220	217	215	208
5	88	83,5	79,5	77,5	76,5	75,5	73
6	89,5	85	80,5	79	78	77	74,5
7	82	78	74	72	71,5	70,5	68
8	83	79	75	73	72	71	69
8 a	83,5	79,3	75,2	73,5	73	72	69,5
9	75,5	71,7	68	66,5	65,[illegible]	65	62
10	77	73	69,5	67,5	6[illegible]	66	64
11	71,5	68	64,5	63	62	61,5	59,5
12	72	68,5	65	63,2	62,[illegible]	62	60

Il est également possible d'augmenter encore le nombre des éléments, mais l'augmentation du gain est réduite.

Pour 13 *éléments* on pourra ajouter encore un directeur D_{11} = 0,83 λ/2 identique à D_9 et D_{10} de l'antenne à 12 éléments.

Pour l'antenne à 14 *éléments* on intercalera entre D_6 et D_7 un directeur supplémentaire de 0,87 λ/2 dont la longueur figure sur les tableaux précédents.

La résistance globale des antennes à 13 et 14 éléments est sensiblement la même que celle des antennes à 12 éléments. Les écartements seront toujours ceux déjà mentionnés : 0,18 λ et 0,09 λ entre le radiateur et le directeur 1.

B. — Ecartements entre éléments

Voici au tableau XVII les écartements 0,18 λ et 0,09 λ pour les divers canaux.

TABLEAU XVII

DISTANCES ENTRE ÉLÉMENTS, D'AXE EN AXE (cm)

Canal	λ moyenne	0,18 λ	0,09 λ
1	620	101	56
2	640	115	57,5
3	486	87,5	43,6
4	500	90	45
5	176	31,7	15,85
6	179	32,3	16,1
7	164	29,5	14,7
8	166	29,9	15
8a	167	30	15
9	151	27,3	13,6
10	154	27,7	13,9
11	143	25,7	12,85
12	144	25,9	12,95

C. — Dimensions des radiateurs

Ils sont réalisés d'après les indications du tableau II de notre précédent chapitre qui donne les rapports entre les diamètres des deux tubes et celui entre leur distance et le diamètre du tube coupé.

La longueur des tubes a été indiquée dans nos tableaux V à XVI. Les quatre sortes de radiateurs sont indiquées par les figures 1 à 4.

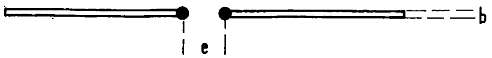


Fig. 1

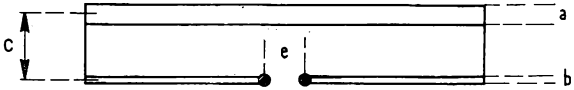


Fig. 2

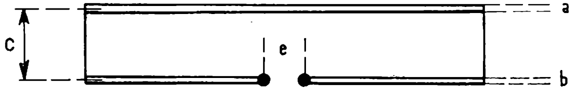


Fig. 3

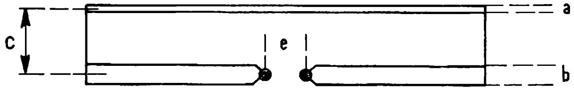


Fig. 4

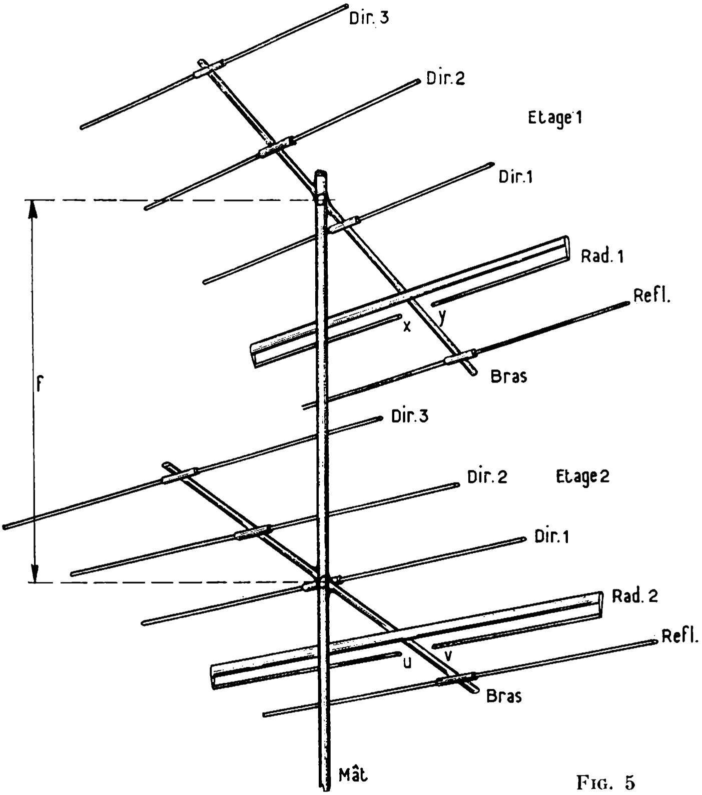


Fig. 5

Nous classerons les radiateurs en deux catégories, ceux destinés aux canaux de la bande I et ceux pour la bande III dont les dimensions sont évidemment 3 à 4 fois plus faibles. Remarquer qu'il est rare que l'on dépasse 6 éléments dans la bande I.

TABLEAU XVIII

Radiateurs pour la bande I. Dimensions en mm

Nombre des éléments de l'antenne	a	b	c	d	Figure
1	—	30	—	12 à 30	1
2	15	25	45	12 à 30	4
3	15	19	38	12 à 30	4
4	15	16,5	60	12 à 30	4
5	15	15	100	12 à 30	3
6	15	15	100	12 à 30	3
7	30	20	200	12 à 30	2
8	30	15	150	12 à 30	2
9	30	15	83	12 à 30	2
10	40	10	200	12 à 30	2
11	40	10	140	12 à 30	2
12	40	10	100	12 à 30	2

TABLEAU XIX

Radiateurs pour la bande III. Dimensions en mm.

Nombre des éléments de l'antenne	a	b	c	d	Figure
1	—	10	—	6 à 20	1
2	5	8	15	—	4
3	5	6,5	12,5	—	4
4	5	5,5	20	—	4
5	5	5	40	—	3
6	5	5	40	—	3
7	10	6,5	75	—	2
8	10	5	50	—	2
9	10	5	27	—	2
10	20	5	100	—	2
11	20	5	70	—	2
12, 13 et 14	20	5	50	—	2

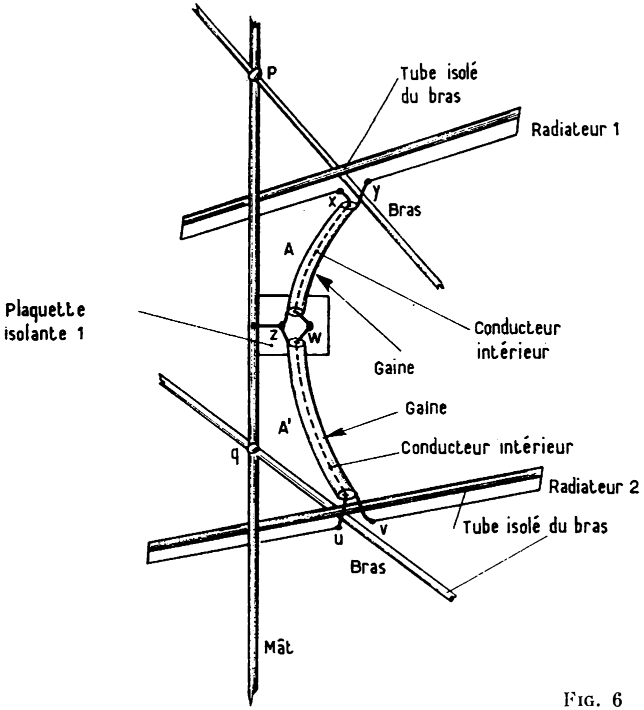

P
Tube isolé
du bras
Radiateur 1
x
y
Bras
A
Plaquette
isolante 1
z
w
Conducteur
intérieur
Gaine
Gaine
A'
Conducteur intérieur
q
Radiateur 2
Tube isolé du bras
u
v
Bras
Mât

FIG. 6

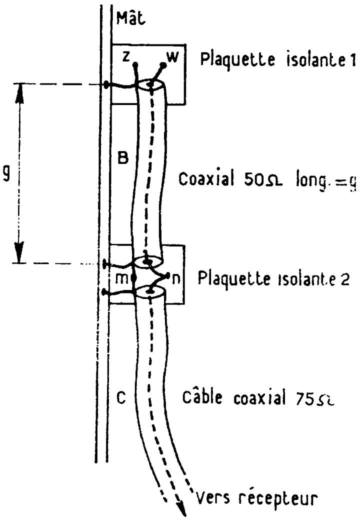

Mât
z
w
Plaquette isolante 1
B
g
Coaxial 50Ω long.=g
m
n
Plaquette isolante 2
C
Câble coaxial 75Ω
Vers récepteur

FIG. 7

Rappelons que le diamètre des tubes utilisés comme réflecteur ou directeur sera de 4 à 6 mm pour la bande III et 10 à 15 mm pour la bande I.

D. — Antennes à deux étages ou nappes

Ces antennes composées de deux étages identiques superposés et distants de λ/2 peuvent être réalisées à partir des antennes à un étage qui viennent d'être décrites.

En montant deux étages de 75 Ω en parallèle, l'impédance résultante n'est plus de 75 Ω et il convient de la ramener à cette valeur en raison de l'adaptation au câble coaxial de 75 Ω et à l'entrée des téléviseurs construits en France. Il existe une infinité de solutions pour ce problème et nous allons en donner une des plus simples.

La figure 5 indique, à titre d'exemple, une antenne à deux étages et à deux fois 5 éléments.

Les deux radiateurs sont Rad. 1 et Rad. 2.

Les deux étages ou nappes ont des plans distants de f = λ/2 égale à la longueur du réflecteur de toutes les antennes et inscrite sur les tableaux donnés plus haut.

Pour effectuer l'adaptation, on procédera comme suit :

1° Disposer une plaquette isolante, pl. isol. 1 à distance égale des deux étages (dont f/2 = λ/4) sur le mât et monter sur cette plaquette deux bornes z et w comme le montre la figure 6.

Relier les points xy et zw par un coaxial de 75 Ω de longueur quelconque, par exemple 0,75 λ.

Relier la gaine en y et z et le conducteur intérieur aux points x et w.

Relier à la masse la plus proche les points z et x de la manière suivante : z au mât métallique et x au bras métallique, ces deux éléments étant en contact à leur point de jonction p.

Ne pas oublier d'isoler des bras les tubes non coupés des radiateurs.

Effectuer les mêmes branchements entre le radiateur 2 de l'étage inférieur et aux points z et w de la plaquette 1.

Fixer ensuite une seconde plaquette isolante pl. isol. 2 sur le mât, au-dessous de la première de manière qu'il soit possible de connecter entre les points z w et m n (voir fig. 7) un câble coaxial de 50 Ω de longueur égale, exactement à g (dimensions indiquées au tableau XX).

Aux points z et m, relier les gaines au mât. Connecter le câble de 75 Ω allant au récepteur.

Dans tous ces branchements veiller à ce que les gaines métalliques des câbles soient reliées entre elles t à la masse (mât au bras) la plus proche avec les fils les plus courts.

Voici maintenant comment s'effectue l'adaptation d'après la méthode indiquée.

Les câbles A et A' étant de 75 Ω, même impédance que celle des deux nappes, ils peuvent avoir une longueur quelconque que nous avons fixée à 0,75 λ = 3 λ/4 afin qu'ils puissent joindre facilement les points z et w.

En ces points l'impédance résultante est (voir figure 6).

$$Z_1 = 75/2 = 37{,}5 \ \Omega$$

Considérons ensuite les deux plaquettes de la figure 7.

Le coaxial B à une longueur.

$$g = k \ \lambda/4$$

k étant le coefficient de réduction de longueur λ/4 du coaxial de 50 Ω adopté.

Dans ces conditions, il constitue un adaptateur λ/4 de sorte que l'impédance Z aux points m est telle que l'on ait :

$$Z \ . \ 37{,}5 = 50^2$$

ce qui donne :

$$Z = \frac{2\,500}{37{,}5} = 67 \ \Omega.$$

valeur proche de 75 Ω et permettant le branchement en ces points m et n du câble de 75 Ω de la ligne de liaison au récepteur.

TABLEAU XX

Dimensions pour antennes à deux étages de 75 Ω chacun

Canal	f = λ/2 = distance entre les deux étages (cm)	0,75 λ (cm)	g = k λ/4 = longueur du coaxial de 50 Ω (cm) (k = 0,65)
1	310	465	101
2	320	480	104
3	243	365	79
4	250	375	81
5	88	132	28
6	89,5	134	29
7	82	123	26,7
8	83	123,5	27
8a	83,5	124	27,1
9	75,5	113,25	24,5
10	77	116	25
11	71,5	107	23,3
12	72	108	23,4

CHAPITRE XIII

ANTENNES YAGI A QUATRE ETAGES ET A LARGE BANDE

A. — Généralités

Dans les cas de réception difficile, on peut recourir à l'emploi d'antennes à plus de deux étages. On réalise des antennes à 3 et 4 étages, mais comme nous l'avons mentionné précédemment, la puissance recueillie par les antennes prévues pour la bande I étant généralement suffisante, il est inutile de faire appel à des antennes à plus de 4 ou 5 éléments et à un seul étage pour cette bande.

Par contre, pour la bande III certains fabricants ont réalisé des antennes à 3 ou 4 étages.

Rappelons que chaque fois que l'on double le nombre des étages le gain augmente d'environ 3 décibels, ce qui corespond à deux fois plus de puissance captée par l'antenne. Nous allons indiquer la méthode de construction d'antennes à 4 étages et la détermination des dispositifs d'adaptation.

B. — Montage des antennes à 4 étages (ou nappes)

Sur la figure 1, nous indiquons les parties suivantes d'une antenne à 4 étages identiques, du type Yagi : le mât, et les quatre bras de chaque étage sur lesquels nous n'avons représenté que les radiateurs qui seuls sont à considérer pour les dispositifs d'adaptation.

Si l'on compare cette figure 1 à la figure 6 de notre précédent chapitre qui représente une antenne à deux étages seulement, on constate que la figure 1 reproduit, dans le sens de la hauteur, deux fois la figure 6 (préc. chapitre).

On retrouve par conséquent les plaquettes isolantes avec les points de branchement z, w (étages 1 et 2) z' w' (étages 3 et 4) et une plaquette placée entre les étages 2 et 3 avec les points de branchement m et n, auxquels seront connectés les deux conducteurs du câble coaxial de 75 Ω venant du récepteur dont l'entrée est de 75 Ω également.

Il s'agit d'obtenir après diverses transformations d'impédance, 75 Ω aux points m et n.

Pour cela, on procède comme pour l'antenne à deux étages (voir figure 6 précédent chapitre) :

1° Relier les points x, y aux points z, w par un câble coaxial de 75 Ω de longueur quelconque, par exemple de 3 $\lambda/4$.

2° Relier des points u v aux points z w par un câble coaxial de 75 Ω de *même longueur que le précédent.*

3° On aura ainsi 37,5 Ω aux points z w.

4° Procéder de la même manière pour les étages 3 et 4, ce qui aboutira encore à 37,5 Ω aux points z' w' (fig. 1). Nous avons donc deux emplacements z w et z' w' avec des impédances de 37,5 Ω.

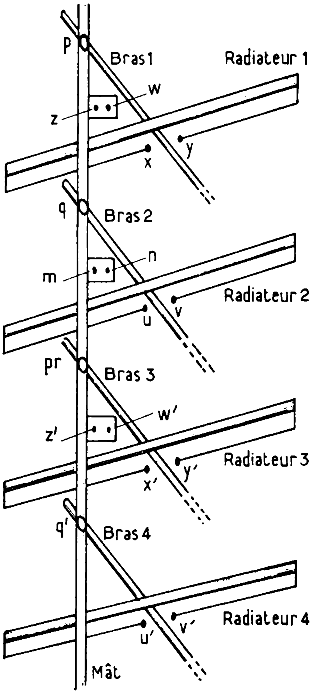


FIG. 1

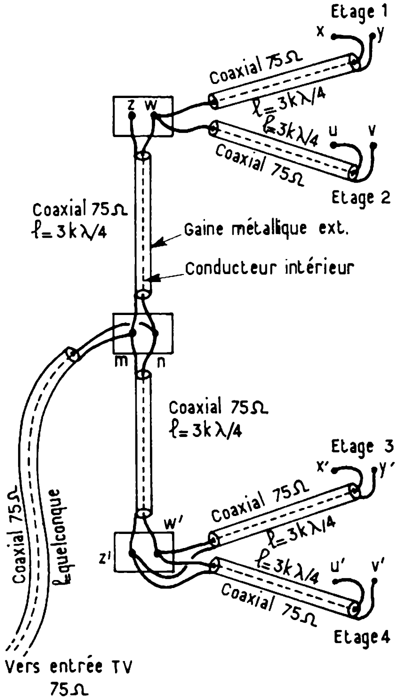


FIG. 2

Leur distance à la plaquette m, n est égale à celle existant entre deux étages. c'est-à-dire λ/2 on ne peut donc pas utiliser des adaptateurs λ/4 mais des adaptateurs 3 λ/4 conviendront et donneront des mêmes résultats. Utilisons encore des câbles de 75 Ω. La longueur réelle est 3 k λ/4. Si k = 0,65, la longueur sera 0,65 . 3 . λ/4 = 0,975 λ/2 donc sensiblement λ/2, cette petite différence étant sans importance, en raison de la grande largeur de bande de l'antenne.

5° La transformation d'impédance à partir de 37,5 Ω, avec un adaptateur de 75 Ω, a pour effet de donner entre les points m, n une impédance de 150 Ω car 75 Ω est la moyenne géométrique de 37,5 Ω et 150 Ω.

Comme deux impédances de 150 Ω sont présentes aux points m, n, l'une provenant des points z w et l'autre des points z' w', l'impédance résultante est 150/2 c'est-à-dire exactement 75 Ω, ce que l'on voulait obtenir. L'adaptation est donc parfaite et on pourra brancher aux points m n l'extrémité du coaxial de 75 Ω venant du récepteur TV prévu pour cette impédance. La figure 2 donne le détail de cette adaptation.

C. — Valeurs numériques de 3 k λ/4

On a vu plus haut que si k = 0,65, 3 k λ/4 est sensiblement égal à λ/2. Les valeurs de λ/2 sont indiquées pour tous les canaux français sur les tableaux V à XVI pour le réflecteur dont la longueur est justement λ/2.

Ainsi, pour le canal XI français on trouve 3 k λ/4 = λ/2 = 71,5 cm

Rappelons à nouveau que la distance entre deux étages voisins est également λ/2.

D. — La largeur de bande

Il est nécessaire de préciser que chaque fois que l'on double le nombre des étages d'une antenne la largeur de bande diminue et que par conséquent, celle d'une antenne à 4 étages sera plus réduite que celle d'une antenne à deux étages laquelle sera plus réduite que celle d'une antenne à un étage.

Par contre, on aura amélioré considérablement les deux directivités, verticale et horizontale.

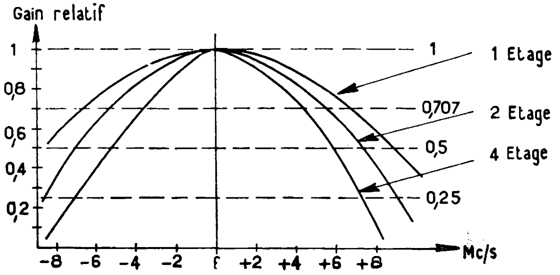


FIG. 3

La première aura comme effet une réduction des parasites pouvant provenir de la rue, par exemple, lorsque l'antenne est disposée à une hauteur suffisante.

L'amélioration de la directivité horizontale permettra une meilleure sélection entre les émissions provenant d'orientations différentes de celle de l'antenne considérée. L'élimination des échos sera meilleure aussi.

Revenons à la largeur de bande. La figure 3 donne une idée de celle d'une antenne à un seul étage réalisée d'après nos indications numériques.

La largeur de bande à 3 décibels près, c'est-à-dire pour une tension à l'entrée du téléviseur de 0,707 fois la tension maximum, est de 14 MHz environ. La figure 4 donne les mêmes courbes avec échelles d'ordonnées en décibels.

Lorsqu'il y a deux étages identiques la courbe d'un étage se compose avec elle-même et la résultante est la courbe des deux étages ensemble. Le point — 3 dB devient — 6 dB à la même fréquence.

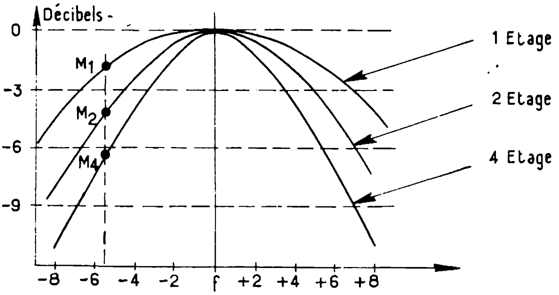


FIG. 4

Sur la figure 4 on voit que si pour l'antenne à un étage l'affaiblissement est de 3 décibels pour des écarts de ± 7 MHz, c'est-à-dire une bande de 14 MHz on ne retrouve pour 2 étages les 3 dB que pour des écarts de ± 5 MHz c'est-à-dire une bande de 10 MHz ce qui est insuffisant pour le 819 F.

Avec 4 étages, la bande à 3 dB n'est plus que de 7 MHz, ce qui est insuffisant pour le 819 F mais suffisant pour d'autres standards.

Des corrections sont donc nécessaires. Nous allons les étudier ci-après.

E. — Comment augmenter la largeur de bande

Il existe une méthode simple et efficace pour augmenter la largeur de bande d'une antenne. Elle est analogue à celle des circuits décalés en moyenne fréquence. Il s'agit, par conséquent, d'accorder les étages (ou nappes) de l'antenne, sur des fréquences différentes voisines de la fréquence médiane et convenablement décalées par rapport à celle-ci.

Si le nombre des étages est supérieur à deux, on peut envisager aussi l'accord sur la fréquence médiane pour certains étages et l'accord décalé pour d'autres.

F. — Cas de deux étages

Chaque étage sera accordé sur une fréquence différente de la fréquence médiane f. Soit B la bande désirée on accordera un des étages sur $f_1 > f$ et l'autre f_2 sur $f_2 < f$.

On calculera f_1 et f_2 à l'aide de formules analogues à celles des circuits décalés.

$$f_1 = f + 0{,}35 \text{ B}$$
$$f_2 = f - 0{,}35 \text{ B}$$

Dans notre cas B = 14 MHz donc :

$$0{,}35 \text{ B} = 4{,}9 \text{ MHz}$$

G. — Exemple numérique

Soit à déterminer les longueurs des éléments d'une antenne à deux étages, chacun étant à 6 éléments. L'antenne est destinée au canal français 8 a.

Utilisons les tableaux de nos précédents chapitres. Le tableau III donne, pour le canal 8 a :

$$f = 179{,}67 \text{ MHz},$$

donc :

$$f_1 = 179{,}67 + 4{,}9 = 186{,}57 \text{ MHz}$$

Il s'agit donc de déterminer les longueurs des éléments pour f_1 et f_2. Il est facile de les déduire de ceux prévus pour f. En effet, les longueurs des éléments sont inversement proportionnelles à la fréquence. Il suffit, par conséquent, de multiplier les longueurs valables pour f par un facteur multiplicateur que nous allons déterminer :

On a :

$$f_1 = 186{,}5 \text{ MHz}$$
$$f_2 = 174{,}77 \text{ MHz}$$
$$\frac{f}{f_1} = \frac{179{,}67}{186{,}57} = 0{,}96$$

et

$$\frac{f}{f_2} = \frac{179{,}67}{174{,}77} = 1{,}027.$$

Reportons-nous au tableau X qui donne les dimensions pour antennes à 6 éléments. Pour le canal 8a, les longueurs indiquées sont :

Réflecteur	:	83,5 cm
Radiateur	:	79,5 cm
Directeur 1	:	75,2 cm
— 2	:	74 cm
— 3	:	73 cm
— 4	:	72 cm

D'après ce qui vient d'être dit, pour l'étage supérieur les dimensions seront calculées pour f_1 donc il faudra *multiplier* les longueurs ci-dessus par 0,96, ce qui donne les longueurs suivantes :

Réflecteur	: 83,5	. 0,96	=	80,6 cm
Radiateur	: 79,5	. 0,96	=	76,5 cm
Directeur 1	: 75,2	. 0,96	=	72,2 cm
Directeur 2	: 74	. 0,96	=	71 cm
— 3	: 73	. 0,96	=	70 cm
— 4	: 72	. 0,96	=	68,2 cm

Pour l'étage inférieur, on calculera pour la fréquence f_2 donc, on multipliera par 1,027.

On obtient les longueurs ci-après :

Réflecteur		: 83,5	. 1,027	= 86	cm
Radiateur		: 79,5	. 1,027	= 81,5	cm
Directeur	1	: 75,2	. 1,027	= 77	cm
—	2	: 74	. 1,027	= 76	cm
—	3	: 73	. 1,027	= 75	cm
—	4	: 72	. 1,027	= 74	cm

H. — Remarque importante

Excepté la modification des longueurs des éléments de l'antenne : réflecteur, radiateur et les directeurs il n'y a rien d'autre à modifier sur l'ensemble de l'antenne à deux étages, toutes les autres dimensions se calculant pour la fréquence f, comme il a été expliqué précédemment.

I. — Cas de 4 étages

Le meilleur rendement est obtenu en adoptant les quatre fréquences décalées suivantes :

$$f_1 = f + 0{,}46\ B,$$
$$f_2 = f - 0{,}46\ B,$$
$$f_3 = f + 0{,}19\ B,$$
$$f_4 = f - 0{,}19\ B.$$

Si B = 15 MHz, on aura :

$$0{,}19\ B = 0{,}19 \ .\ 14 = 2{,}66\ \text{MHz}$$
$$0{,}46\ B = 0{,}46 \ .\ 14 = 6{,}44\ \text{MHz}$$

et les valeurs de f_1 à f_4 sont calculables à l'aide des relations :

$$f_1 = f + 6{,}44\ \text{MHz},$$
$$f_2 = f - 6{,}44\ \text{MHz},$$
$$f_3 = f + 2{,}66\ \text{MHz},$$
$$f_4 = f - 2{,}66\ \text{MHz}.$$

Ainsi, à titre d'exemple, si l'on désire réaliser une antenne à 4 étages pour le canal 10, le tableau III donne f = 194,12 MHz donc :

$$f_1 = 194{,}12 + 6{,}44 = 200{,}56\ \text{MHz},$$
$$f_2 = 194{,}12 - 6{,}44 = 187{,}68\ \text{MHz},$$
$$f_3 = 194{,}12 + 2{,}66 = 196{,}78\ \text{MHz},$$
$$f_4 = 194{,}12 - 2{,}66 = 191{,}46\ \text{MHz}.$$

Les facteurs multiplicateurs sont :

pour f_1 :

$$\frac{f}{f_1} = \frac{194{,}12}{200{,}56} = 0{,}945,$$

pour f_2 :

$$\frac{f}{f_2} = \frac{194{,}12}{187{,}68} = 1{,}035,$$

pour f_3 :

$$\frac{f}{f_3} = \frac{194,12}{196,78} = 0,99,$$

pour f_4 :

$$\frac{f}{f_4} = \frac{194,12}{191,46} = 1,013.$$

Ayant choisi le nombre des éléments de chaque étage et le canal qui convient on trouvera les dimensions dans les tableaux et on procèdera comme indiqué plus haut pour l'antenne à deux étages.

J. — Gain des antennes à accords décalés

Lorsque tous les étages sont accordés sur la même fréquence le gain global est égal, en décibels, à :

$$G = G_1 + 3\ n \text{ décibels environ,}$$

n étant le nombre de fois que l'on a doublé le nombre des étages et G_1 le gain.

Pour 2 étages $n = 1$ et pour 4 étages $n = 2$ donc le gain pour une antenne à deux étages identiques est :

$$G_2 = G_1 + 3 \text{ décibels,}$$

et pour quatre étages :

$$G_4 = G_1 + 6 \text{ décibels.}$$

Dans le cas d'étages à accords décalés, les gains sont forcément plus faibles. Nous avons déterminé expérimentalement ces gains. Pour deux étages le gain n'augmente que de 2,2 décibels au lieu de 3 décibels et pour quatre étages l'augmentation totale de gain est d'environ 4 décibels au lieu de 6 décibels.

K. — Cas d'antennes à gain élevé et bande réduite

Certains techniciens préconisent la réduction de la bande globale pour les téléviseurs destinés à la réception à longue distance.

La largeur de bande image, qui normalement doit être d'environ 10 MHz est réduite à 8 et même 7 MHz mais le son, dans le standard 819 lignes français est décalé de 11,15 MHz par rapport à la porteuse image et dans ces conditions, il serait à craindre que la réduction de la bande de l'antenne n'empêche la réception du son.

En réalité, il en est bien ainsi si l'antenne est à faible gain mais si le gain est élevé, la réduction du gain à la fréquence du son n'entraîne pas toujours une diminution suffisamment importante pour réduire complètement la réception de l'émission du son.

Reportons-nous aux courbes de la figure 4.

Supposons que le gain de l'antenne à un étage est de 10 décibels à la fréquence médiane f.

La fréquence correspondant à la porteuse son est décalée de f de 11,15/2 = 5,572 MHz ce qui place le son à + ou — 5,575 MHz sur l'échelle des fréquences.

Le gain, pour un étage (point M_1) est 10 — 1,5 = 8,5 dB. Pour deux étages, le gain maximum est 10 + 3 = 13 dB et pour le son il faut diminuer de 4 dB — (point M_2) ce qui donne encore un gain de 9 dB. Pour quatre étages le gain maximum est d'environ 16 dB et pour le son (point M_4) il reste 16 — 6 = 10 dB.

Il faut toutefois remarquer qu'il en serait de même pour la fréquence porteuse image qui se trouve décalée dans l'autre sens par rapport à la fréquence médiane f, de 5,575 MHz. Il en résulte la même diminution de gain qui ne peut être corrigée que par un accord convenable des circuits du téléviseur.

Un autre moyen d'utiliser une antenne à bande étroite pour le 819 lignes français consiste à calculer la fréquence d'accord de l'antenne de telle façon qu'elle soit plus proche de la porteuse image f_i que de celle du son f_s.

Certains spécialistes préconisent de prendre f = f_1.

Dans ce cas, il n'y a aucune réduction de gain à f_i due à la réduction de la largeur de bande mais la réduction du gain pour le son sera encore plus importante que si f est la fréquence médiane et le son pourrait ne plus être reçu suffisamment bien.

Nous conseillons par conséquent de donner la préférence aux antennes à bande normale de 14 MHz par le standard 819 F même pour les réceptions à grande distance car pour le téléspectateur le son est aussi important que l'image.

CHAPITRE XIV

L'ANTENNE PAVILLON POUR TELEVISION TRES LARGE BANDE

A. — Avantages et inconvénients

L'antenne pavillon possède des propriétés remarquables qui la rendent très différente des antennes Yagi que l'on a l'habitude d'utiliser en télévision.

Les principales caractéristiques sont :

a) très grande sensibilité se traduisant par un gain atteignant, aux fréquences les plus élevées, 13 dB par rapport à celui de l'antenne classique demi-onde accordée sur la même fréquence.

b) très large bande couvrant un domaine compris entre une fréquence de référence f_c et 5 f_a (exemple : la bande peut être comprise entre 50 MHz et 250 MHz), ou encore 200 à 1 000 MHz.

Cette propriété est intéressante pour ceux qui désirent recevoir avec une seule antenne, plusieurs émissions de fréquences très différentes. Par contre, une antenne si peu sélective recueillera plus de parasites et autres signaux indésirables, qu'une antenne dont la largeur de bande n'est que de quelques mégahertz.

c) Construction mécanique très aisée, l'antenne ne se composant que de deux surfaces triangulaires.

d) Encombrement et poids plus grands que ceux d'une antenne classique.

e) Détermination très facile des dimensions et du rendement.

f) Très grande directivité aussi bien dans le plan horizontal que dans le plan vertical, ce qui, dans une certaine mesure, remédie aux inconvénients dus à la large bande.

B. — Principe

L'antenne pavillon se présente sous la forme indiquée par la figure 1. Elle se compose de deux feuilles métalliques triangulaires AEF et CGH. Aux sommets A et C on connecte le câble de liaison à l'entrée du poste, ou un dispositif d'adaptation.

Voici comment a été conçue cette antenne :

Considérons la figure 2 qui représente un guide d'ondes IJKL-ABCD accolé à un pavillon ABCDEFGH.

Dans le cas de l'*émission* les ondes se propagent de gauche à droite (sur la figure) et parvenues au plan ABCD s'épanouissent dans le pavillon à mesure qu'elles avancent pour être dirigées vers l'extérieur. La directivité dépend de l'angle d'ouverture.

Le phénomène inverse se produit à la réception. Les ondes sont reçues par le pavillon, et elles sont dirigées vers le guide d'ondes qui les conduit vers le récepteur.

Le dispositif de la figure 2 a été simplifié pour aboutir à celui de la figure 1 en raison des considérations suivantes :

Une onde déterminée est polarisée soit horizontalement, soit verticalement.

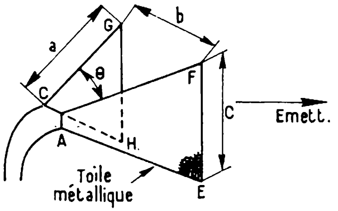


Fig. 1

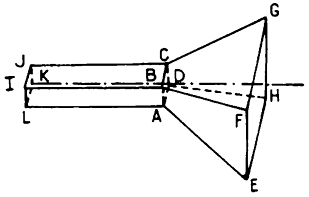


Fig. 2

Supposons qu'il s'agisse de polarisation horizontale. Dans ce cas on peut supprimer les faces placées haut et bas (JCGFBI et HDKLAE). On obtient un assemblage analogue à celui de la figure 1 en remplaçant encore les faces IBHL et DCJK du guide d'ondes par deux fils.

C. — Construction

Pratiquement les faces AFE et CGH peuvent se réaliser avec de la toile *métallique* genre rideau antimoustiques ou même en une toile plus légère, si on en trouve, pourvu que les contacts soient bons et le tissage très dense.

Le câble est un bifilaire classique de 300 Ω.

Pour consolider l'ensemble on montera des barres en matière isolante entre G et F d'une part et H et E d'autre part.

Les côtés des triangles seront matérialisés par des barres métalliques de diamètre indifférent, seule la solidité étant à considérer.

Les dimensions se déterminent à partir de la fréquence la plus faible de la bande, que nous désignerons par f_c.

La longueur d'onde correspondante est

$$\lambda_c = \frac{300}{f_c} \text{ mètres}$$

avec f_c en mégahertz.

Lorsque l'angle Θ est de 60°, tous les triangles sont équilatéraux et chaque côté a une longueur égale à $\lambda_c/2$ c'est-à-dire à

$$L = \frac{150}{f_c} \text{ mètres, avec } f_c \text{ en MHz}$$

D. — Adaptation

L'impédance aux points de branchement A et C est variable suivant la fréquence f à recevoir. La figure 3 donne quatre courbes indiquant la résistance R et la réactance X en fonction de f/f_c :

Courbe I : R calculée.
Courbe II : R mesurée.
Courbe III : X mesurée.
Courbe IV : X calculée.

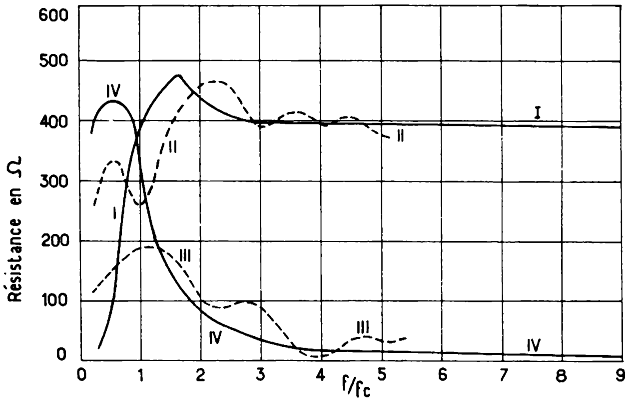


Fig. 3

On voit que pour les fréquences correspondant à $f/f_c > 2$ la résistance R se maintient au voisinage de 400 Ω tandis que X décroît progressivement depuis 50 Ω. On peut utiliser une ligne de 300 Ω sans inconvénient.

E. — Sensibilité de l'antenne pavillon

Le gain est indiqué par les courbes de la figure 4 pour des fréquences f comprises entre f_c = 60 MHz et 250 MHz, c'est-à-dire plus de 4 f_c.

Les courbes indiquent les gains comparativement à une antenne classique dipôle rectiligne demi-onde, accordée chaque fois sur la fréquence sur laquelle on effectue la comparaison, l'antenne pavillon restant toujours la même. Le gain, en décibels, augmente de 1,6 à 16 dB, ce qui correspond à des rapports de puissances de 40 fois ou à des rapports de tension de 8 fois (f = 250 MHz).

A 180 MHz = 3 f_c, le gain en décibels est 13, ce qui est tout à fait remarquable. Il convient cependant de ne pas perdre de vue que les dimensions de cette antenne sont relativement grandes car pour :

$$f_c = 60 \text{ MHz on a } L = \frac{150}{60} = 2{,}5 \text{ m.}$$

Les dimensions sont évidemment peu pratiques.

Sur la figure 4 nous avons indiqué aussi les valeurs de $f = nf_c$ en abscisses (en haut) ce qui permet d'utiliser les courbes pour d'autres valeurs de f_c.

Essayons, par exemple, de réduire les dimensions à L = 1,25 m soit de deux fois.

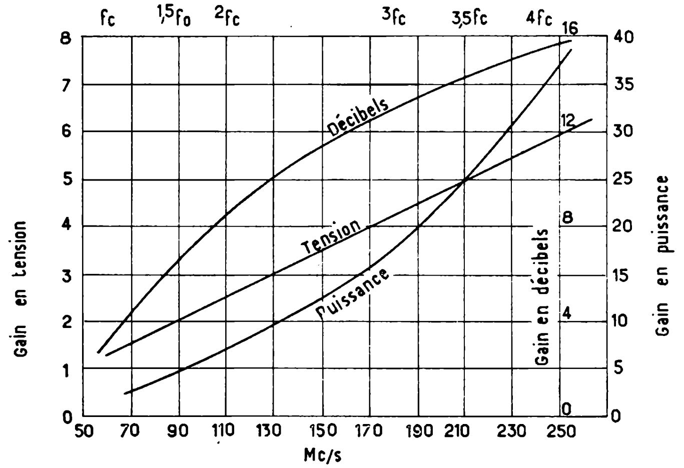


Fig. 4

Dans ces conditions, les valeurs des fréquences inscrites en abscisses (en bas) devront être doublées et f_c = 120 MHz. Avec cette antenne de L = 1,25 m, le gain sera de 6,5 dB environ à 180 MHz, ce qui est encore intéressant étant donné la réduction des dimensions et la simplicité de la construction de l'antenne.

Emploi en UHF

Le grand intérêt de ce type de collecteur d'ondes réside dans son utilisation en UHF. Posons f_c = 180 MHz. On aura 2,5 f_c = 450 MHz et 5 f_c = 900 MHz et l'antenne couvrira le domaine des UHF (300 à 900 MHz) tout en étant efficace à 180 MHz. Les gains sont dans ce cas : à f_c = 180 MHz : 1,5 environ, à 2,5 f_c = 450 MHz : 11 dB et à 5 f_c = 900 MHz : plus de 16 dB. Les dimensions sont réduites puisque l'on a

$$L = \frac{150}{180} = 0{,}844 \text{ m.}$$

Directivité.

Le diagramme de directivité est donné par la figure 5. Si l'antenne est disposée de manière à recevoir les émissions à polarisation *horizontale*, le diagramme en pointillé correspond à la directivité dans le plan hori-

zontal et celui en traits pleins à la directivité dans un plan vertical passant par l'émetteur et le récepteur.

Ces deux diagrammes sont presque identiques. On remarquera que le gain avant/arrière est 100/10 = 10 fois en puissance c'est-à-dire 10 dB.

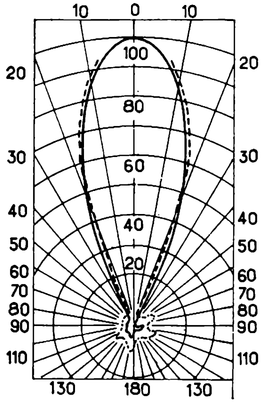


Fig. 5

Dimensions pour Θ *différent de* 60°.

Dans ce cas on aura : $b = 2\ a \sin \frac{\Theta}{2}$

$b = c = \lambda_c/2$ d'où : $a = \frac{\lambda_c/2}{2 \sin \Theta/2}$

Lorsque $\Theta = 60°$, $\sin \frac{\Theta}{2} = \sin 30° = 0{,}5$

et on retrouve $a = \lambda_c/2$.

On peut augmenter la directivité obtenue pour Θ = 60° en diminuant cet angle. Une valeur intéressante est Θ = 40°
ce qui donne Θ/2 = 20° et sin (Θ/2 = 0,34.

$$\text{d'où } a = \frac{\lambda_c}{4{,}034} = 0{,}73\ \lambda_c.$$

ou en fréquences :

$$a = 0{,}73 \cdot \frac{300}{f_c} = \frac{220}{f_c}$$

Si l'on prend f_d = 60 MHz, on trouve a = 3,64 m, pour f_c = 120 MHz, a = 1,82 m et pour f_c = 180 MHz, a = 1,21 m.

Dans le cas des UHF des antennes cornet calculées pour f = 400 MHz par exemple (moitié des dimensions valables pour 200 MHz) l'encombrement de ces antennes est réduit et on peut les utiliser sans difficulté.

CHAPITRE XV

ANTENNE LOSANGE A GRAND GAIN

L'antenne losange dite aussi *rhombique* (du grec rhombos = losange) a, comme son nom l'indique, la forme d'un losange. Elle est très encombrante, mais très sensible et relativement bon marché à établir. Ce genre d'antenne peut fournir jusqu'à 20 dB de gain par rapport à un dipôle rectiligne demi-onde classique et se réalise avec du câble plein tout à fait ordinaire. En plus de ses qualités de sensibilité, l'antenne losange est également très directive. La largeur de bande est considérable et on peut la considérer comme une antenne apériodique.

Son encombrement exceptionnellement grand rend pratiquement impossible son utilisation dans un immeuble collectif, mais celui qui habite une propriété à la campagne peut l'installer s'il est maître chez lui.

A. — Forme et dimensions

La figure 1, montre une antenne rhombique à deux étages, installée au-dessus des bâtiments d'une propriété de Southampton (Long Island U.S.A.). L'examen de cette figure permet d'éliminer tout espoir de réalisation chez de nombreux lecteurs urbains pour qui nous décrirons d'autres antennes leur convenant.

Pour les utilisateurs ruraux, voici la méthode à adopter pour déterminer les dimensions du losange. Dans le cas général (voir figure 3), la diagonale la plus longue BD doit avoir une longueur donnée par la formule :

$$BD = (2n - 1)\lambda$$

dans laquelle n est un nombre aussi grand que possible (seules les possibilités d'installation limitent la valeur de n) et λ la longueur d'onde de l'émission à recevoir. S'il y a plusieurs émissions, λ sera la plus grande longueur d'onde de ces émissions.

L'angle ADC = ABC doit être évidemment inférieur à 90° ce qui entraîne BAD = BCD = 180° - ADC = angle supérieur à 90°. Il est bon de s'arranger pour que les quatre côtés égaux AB = BC = CD = DA aient une longueur égale à n λ mais cela n'est pas une condition impérative.

L'antenne doit être placée horizontalement (il s'agit du plan ABCD), si l'émission à recevoir est à polarisation horizontale.

Exemple : f = 180 MHz, λ = 300/180 = 1,66 m. La diagonale B D aura une longueur de 1,66 (2 n - 1) mètres. Prenons par exemple n = 9. Il vient

$$BD = 1{,}66 \cdot 17 = 28{,}22 \text{ m}$$

On peut évidemment, en se contentant d'un gain moindre prendre *n* plus faible, par exemple n = 3 ce qui donne :

$$BD = 1,66 \cdot 5 = 8,3 \text{ mètres,}$$

plus facile à réaliser.

Déterminons maintenant les autres dimensions. On a

$$AD = n\,\lambda,\ OD = \frac{(2n-1)\,\lambda}{2} \text{ et par conséquent}$$

$$AC = 2\,AO = 2\sqrt{n^2\lambda^2 - (2n-1)^2\lambda^2/4}$$

ce qui conduit à la formule très simple

$$AC = \lambda\sqrt{4n-1}$$

Exemple : n = 3, 4n — 1 = 11 et $\sqrt{11} = 3,31$

Avec $\lambda = 1,66$ on a $AC = 1,66 \cdot 3,31 = 5,49$ m (pratiquement 6 mètres).

En résumé : la grande diagonale a une longueur de :

$$BD = (2n-1)\,\lambda$$

et la petite :

$$AC = \lambda\sqrt{4n-1}.$$

chaque côté ayant une longueur de n λ, on est ainsi dispensé de mesurer les angles.

Il est évident qu'en UHF les dimensions seront réduites.

B. — Réalisation et schéma

Etant donné qu'une installation importante est nécessaire à l'érection d'une antenne losange pour VHF, comprenant quatre mâts aussi hauts que possible (voir figure 1), il est tout indiqué de chercher à obtenir le maximum de rendement de cette antenne qui par elle-même est simple et peu coûteuse.

On montera donc deux étages de façon à augmenter le gain de 3 dB supplémentaires.

La figure 1 est parfaitement explicite en ce qui concerne le montage de l'antenne à deux étages. Les dimensions se déterminent suivant les formules données plus haut en tenant compte des recommandations suivantes :

Si l'on doit recevoir plusieurs émissions, la valeur de n, calculée pour la plus grande longueur d'onde, doit être supérieure à 3 sinon il n'y a pas d'intérêt à utiliser une telle antenne, d'autres, de moindre encombrement donnant les mêmes résultats.

Voici d'ailleurs, figure 2, la courbe indiquant le gain de l'antenne losange en fonction de n.

Lorsque l'antenne est à deux étages, il faut compter sur une augmentation de 3 dB environ par rapport au gain lu en ordonnées.

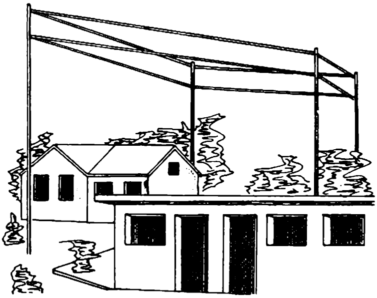


Fig. 1

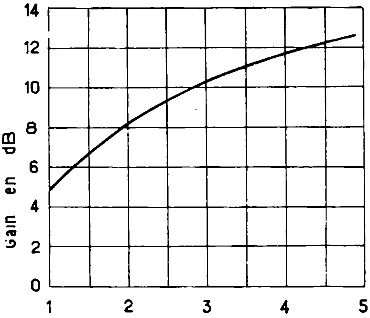


Fig. 2

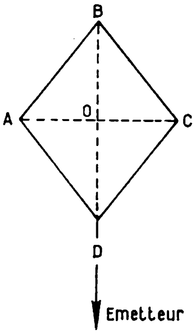


Fig. 3

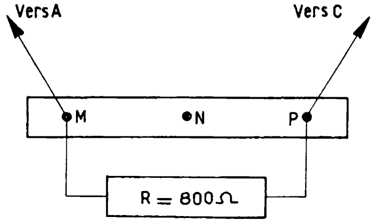


Fig. 4

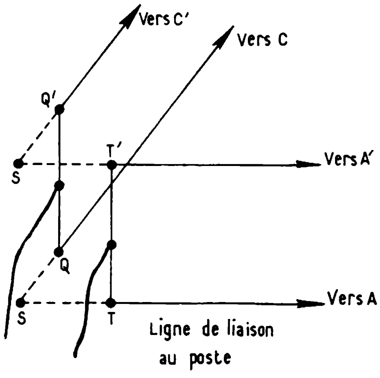


Fig. 5

Chaque étage comporte le losange constitué par les fils A B C D (voir figure 3) réalisé avec un câble de diamètre aussi grand que possible, par exemple de 6 mm ou plus. Le fil peut être en cuivre ou en aluminium. Il peut être recouvert d'un isolant protecteur, ou peint.

L'antenne doit être orientée de telle façon que sa grande diagonale soit dirigée vers l'émetteur. Soit par exemple D, le point dirigé vers l'émetteur. Le fil est coupé au point D où l'on intercale une résistance au carbone (en aucun cas une résistance bobinée) de 800 Ω 2 W en suivant les indications de la figure 4.

Les fils D A et D C aboutissent à une petite barre M N P isolante, longue de 10 cm environ, en porcelaine *polie* ou en toute autre matière non poreuse, par exemple du verre. Inutile de rechercher un très haut isolement.

Aux points M et P sont fixés les fils de l'antenne allant vers les points A et C et les deux extrémités de la résistance de 800 Ω mentionnée plus haut. Le point N sert à la fixation d'un petit câble soutenant l'étage considéré, et bien fixé au mât correspondant au point D. Les mêmes dispositions sont prises pour l'autre étage, que l'on fixe de la même manière aux mêmes mâts. La distance entre les deux étages est :

$$d = 0{,}5\ \lambda \text{ (mètres)}$$

λ étant la plus grande longueur d'onde à recevoir. Passons maintenant au sommet opposé, B. Une nouvelle coupure est prévue et aux points obtenus on connecte le câble de liaison ou les dispositifs d'adaptation :

La figure 5 montre le mode de fixation des extrémités B (étage inférieur) et B' (étage supérieur).

La réalisation matérielle consiste à maintenir entre Q' et T' d'une part et Q et T d'autre part, la distance convenable, en disposant des petites barres isolantes comme indiqué à propos des points D et D'.

Enfin, au moyen d'isolants, on fixe les étages au mât, aux points S et S' ; la distance entre les étages étant toujours $d = 0{,}5\ \lambda_o$.

Aux deux autres sommets, on fixe les étages directement aux mâts par l'intermédiaire d'isolateurs de bonne qualité, en observant toujours la distance d.

Les deux résistances de 800 Ω doivent être protégées contre les intempéries en les entourant de chatterton ou encore mieux ; en les plaçant dans des tubes de verre, scellés aux deux extrémités par de la cire.

C. — Adaptation

Deux cas sont à envisager suivant qu'il s'agit d'une entrée de récepteur de 300 Ω ou d'une entrée de 75 Ω.

Dans le cas de Z = 300 Ω, l'adaptation est fort simple.

Les liaisons QQ' et TT' constituent les transformateurs quart d'onde qui doivent adapter 800 Ω à 2 × 300 Ω = 600 Ω. La figure QQ' - TT' doit avoir une impédance de :

$$Z_c = \sqrt{800 \cdot 600} = 692\ \Omega$$

On obtient une telle ligne avec deux fils parallèles de diamètre d_1 écartés d'axe en axe de $d_2 \approx 130\ d_1$. Par exemple si $d_1 = 2$ mm, $d_2 =$

260 mm = 26 cm ce qui correspondrait, avec ces données, aux distances Q'T' et QT. Au milieu de chaque fil QQ' et TT' on attache les extrémités du câble de 300 Ω.

Si l'entrée du récepteur est de 75 Ω, l'adaptation s'effectue en calculant Z_c comme précédemment mais en remplaçant 300 par 75.
on obtient : $Z_c = \sqrt{800 \,.\, 150} = 346$ Ω.

La distance d_2 doit être dans ce cas égale à 10 d_1. Avec $d_1 = 5$ mm par exemple, l'écartement entre les fils QQ' et TT' est 5 cm. Le câble attaché au milieu de ces fils aura une impédance caractéristique de 75 Ω.

Remarquons que cette adaptation n'est valable que pour la longueur d'onde λ mais l'expérience a montré que les résultats sont encore bons aux longueurs d'onde plus basses, à recevoir.

D. — Exemple numérique

Les données précédentes permettent de calculer les antennes losange dans tous les cas qui peuvent se présenter en télévision.

Soit, par exemple, à recevoir deux émissions : une dans la bande I, et l'autre en bande III les deux émissions étant à polarisation horizontale. Soit $\lambda = 6{,}74$ m env. pour le canal de la bande I et $\lambda = 1{,}66$ m pour le canal de la bande III.

Prenons $n = 3$ ce qui d'après la courbe de la figure 2 donnerait une sensibilité de 10 dB pour un étage et de 13 dB pour deux étages à $\lambda = 6{,}74$ m.

En appliquant les formules données précédemment on obtient avec $n = 3$ et $\lambda = 6{,}74$:

$$AB = BC = CD = DA = 3 \,.\, 6{,}74 = 20{,}22 \text{ m}$$

$BD = 5 \,.\, 6{,}74 = 33{,}7$ m

$AC = 6{,}74 \,.\, 3{,}31 = 22{,}3$ m

La distance entre les étages est $\lambda/2 = 3{,}37$ m

Les dimensions des câbles adaptateurs ont été indiquées plus haut. Elles ne dépendent pas de λ.

Quel est le gain à 180 MHz ? La longueur d'onde correspondante est 1,66 m qui est :

$$\frac{6{,}74}{1{,}66} = 4 \text{ fois environ}$$

plus faible que celle correspondant au canal bande I.

La valeur de n pour 180 MHz est donc $4 \times 3 = 12$. On atteint, à 180 MHz, avec 2 étages, un gain de l'ordre 18 dB ce qui est extrêmement intéressant.

Rappelons, pour terminer que la hauteur des étages, par rapport au sol, doit être aussi grande que possible. Si λ est la plus grande longueur d'onde à recevoir, il est bon que la hauteur soit supérieure à 3 λ, ce qui dans notre exemple, équivaut à 20 m environ.

Il existe d'autres manières de déterminer les dimensions, avec des angles différents. Celles que nous avons indiquées constituent de bons compromis entre les différentes qualités que doit posséder une antenne de T.V.

On peut aussi réaliser des antennes losange dont le plan est incliné par rapport au sol supposé horizontal. L'angle se détermine comme indiqué ci-après.

E. — Angle d'inclinaison

L'antenne étant dans un plan P et vue en coupe, fait un angle Δ avec le sol de sorte que sur la figure 6 on voit les sommets B et D, l'émetteur se trouvant du côté de D.

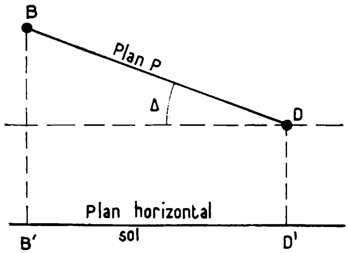


Fig. 6

L'angle ⌀ est égal à BAD ou BCD. Le tableau ci-dessous donne L = nλ, les angles ⌀ et Δ ainsi que le gain en décibels dépendant de la valeur de n suivant le tableau I.

n	2	3	4	5	6
Φ	98°	114°	122°	128°	133°
L	2 λ	3 λ	4 λ	5 λ	6 λ
Δ	30 à 40°	25 à 30°	20 à 25°	15 à 20°	10 à 15°
Gain	10	12	14	15	16

Exemple : f = 170 MHz (milieu de la bande pour Strasbourg), λ = 300/170 = 1,7 mètre environ.

Prenons n = 6 ; on a :

L = 6 λ = 10,2 mètres
⌀ = 133°
Δ = 10° à 15°
Gain = 16 dB

Comme cette antenne doit convenir également à des fréquences plus basses, on prendra pour Δ l'angle le plus grand, par exemple 15°.

Ainsi, si f = 85 MHz, c'est-à-dire la moitié de 170 MHz, l'antenne ainsi déterminée pour 170 MHz correspond à n = 3 pour 85 MHz. Les angles ⌀ et Δ ne sont pas exactement ceux qui conviennent dans ce cas, mais

on constate que le rendement n'est que peu diminué. On peut d'ailleurs adopter un compromis en prenant ∅ = 125° et Δ = 20°, par exemple.

Enfin, si une émission doit être particulièrement favorisée, on calculera l'antenne pour cette émission.

La hauteur minimum au-dessus du sol (CC' sur la figure 6) doit être aussi grande que possible, 2 mètres étant un minimum, de bonnes valeurs étant 5 et même 10 mètres si cela est possible.

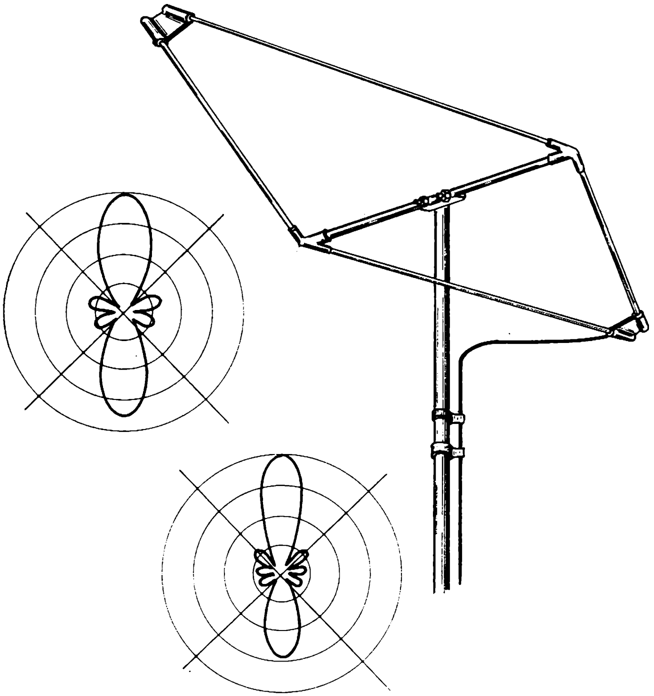


Fig. 7

L'inconvénient principal de cette antenne n'est pas l'encombrement, mais sa directivité. Il est en effet impossible de diriger une antenne de ce genre ; aussi on ne l'adoptera que si les émissions à recevoir se trouvent à peu près dans la même direction et même sens.

Remarquons que si L = 2 λ l'antenne devient plus maniable si f est élevée (λ = 1,5 m pour f = 200 MHz et L = 3 mètres). Le gain est encore de 10 dB et il est possible d'envisager une orientation de l'antenne.

La figure 7 montre une réalisation commerciale d'antenne losange. Il s'agit d'un modèle américain convenant à la réception des fréquences UHF de 400 à 900 MHz, ce qui évidemment permet d'avoir des dimensions plus réduites que pour 200 MHz. On remarquera :

1° le bras constituant la petite diagonale autour duquel l'antenne peut tourner, ce qui permet d'ajuster l'angle Δ ;

2° les diagrammes de directivité à 600 MHz (l'antenne est calculée pour f = 470 MHz environ) : à gauche, diagramme horizontal ; à droite, diagramme vertical. On constate que la directivité est bidirectionnelle, bien que le côté, résistance soit nettement favorisé.

F. — Antennes losange montées en relais T.V.

Les collectivités ne pouvant recevoir la télévision en raison d'un obstacle important tel qu'une montagne, peuvent utiliser un relais très simple et ne nécessitant ni entretien ni frais élevés d'installation. Il s'agit de deux antennes en losange, l'une visible de l'émetteur, l'autre de l'emplacement des récepteurs. Les deux antennes sont reliées par un câble contournant l'obstacle. Les récepteurs utilisant, bien entendu, leur antenne normale.

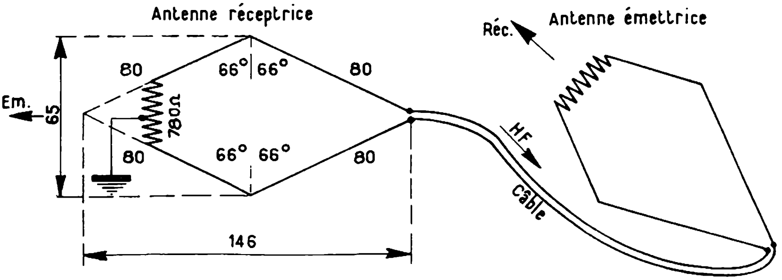


Fig. 8

Voici figure 8 le schéma de ce relais (d'après Radio-Electronics). Le demi-angle est de 66°. Les longueurs sont indiquées en pieds. Pour les avoir en mètres il faut multiplier par 0,305. La résistance de 780 Ω est à prise médiane, reliée à la terre pour l'antenne réceptrice.

Le câble peut avoir une longueur de plusieurs centaines de pieds (donc jusqu'à 100 ou 200 m). Les deux antennes sont identiques mais l'antenne émettrice n'a pas de prise connectée à la masse.

On réalisera les antennes avec du fil plein. Les plans des antennes seront horizontaux et disposés à une hauteur de 15 à 30 pieds au-dessus du sol (5 à 10 mètres). La ligne bifilaire se réalisera avec deux fils en l'air espacés de 15 cm environ de façon à obtenir une impédance caractéristique de 800 Ω environ.

Les fréquences des canaux reçus sont celles des canaux de TV compris entre 50 à 225 MHz environ. Les antennes doivent être réalisées avec du fil de diamètre, suffisant pour assurer une bonne solidité. Ce fil pourra être peint et à la rigueur recouvert d'un isolant.

Toutes ces antennes, prévues pour les VHF, reçoivent aussi bien et même mieux les UHF.

CHAPITRE XVI

ANTENNES COLINEAIRES

Sous ce nom, on désigne dans la terminologie anglo-saxonne des antennes dans lesquelles on monte plusieurs brins $\lambda/2$ en prolongement et dont les branchements sont tels que les courants sont en phase.

Nous décrirons le modèle qui est le plus souvent adopté en télévision. Il s'agit de l'antenne pleine λ avec points de coupure et de branchement au milieu de l'antenne.

A. — Elément radiateur

Ce qui caractérise cette antenne est l'élément radiateur, représenté sur la figure 1. Il se compose de deux brins $\lambda/2$ (et non $\lambda/4$, comme dans l'antenne demi-onde), ou, si l'on préfère, d'un seul brin long d'environ

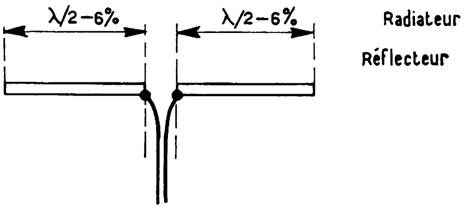


Fig. 1

λ et coupé au milieu. Chaque partie mesure exactement 0,94 $\lambda/2$.
L'impédance d'un tel radiateur est de l'ordre de 1 200 Ω.

B. — Eléments réflecteurs

Pour augmenter la directivité et la sensibilité, on peut adjoindre au radiateur un système réflecteur distant de 0,2 λ. On obtient le montage de la figure 2 sur lequel on remarquera que l'ensemble réflecteur se compose de deux tubes *isolés* l'un de l'autre et *non un seul tube, comme dans le cas de l'antenne classique demi-onde à réflecteur.* On peut donc dire qu'il y a deux réflecteurs colinéaires montés bout à bout.

La longueur des éléments radiateurs reste toujours 0,94 $\lambda/2$ chacun et la longueur de chaque réflecteur est 1,05 $\lambda/2$.

La résistance aux points A B se réduit à 600 Ω environ.

C. — Ensemble d'étages d'antennes colinéaires

On peut maintenant passer aux montages à plus grand gain en disposant des antennes à réflecteurs, comme celle de la figure 2, les uns sous les autres.

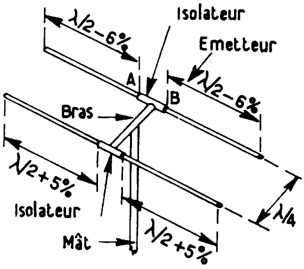


Fig. 2

Le nombre des étages peut être aussi grand que l'on voudra. Chaque fois que le nombre des étages est doublé, on gagne environ 3 dB : par exemple, s'il y a trois étages, et le gain est de n décibels, avec six étages on obtiendra un gain de n + 3 dB.

La distance entre les étages est généralement fixée à λ/2 comme dans les antennes normales demi-onde.

D. — Avantages et inconvénients

Les propriétés de cette catégorie d'antennes sont, suivant le point de vue auquel on se place, des qualités ou des défauts.

La sensibilité, à nombre égal d'éléments, est plus grande, mais les dimensions sont doublées par rapport à celles de l'antenne demi-onde.

La largeur de bande est grande, ce qui assure une image de haute qualité ; cependant, les parasites sont mieux reçus, justement en raison de cette large bande.

Par contre, la directivité est excellente, ce qui, dans une certaine mesure, atténue le défaut précédent.

Cette antenne se réalise généralement avec un nombre d'étages compris entre deux et huit. S'étendant en hauteur, sa mise en place ne donne lieu à aucune difficulté, mais en raison de son poids, une fixation robuste est nécessaire.

E. — Antenne colinéaire à deux étages

Cette antenne se compose de deux étages identiques à celui de la figure 2. Sur la figure 3, nous ne représentons que l'élément radiateur, étant entendu que les réflecteurs sont disposés comme dans la figure 2.

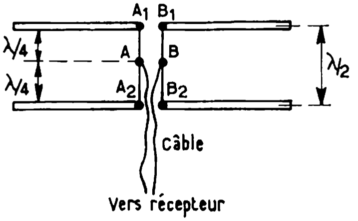


FIG. 3

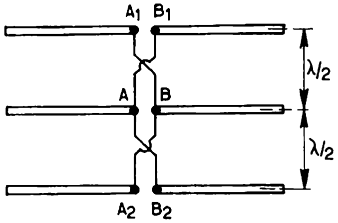


FIG. 4

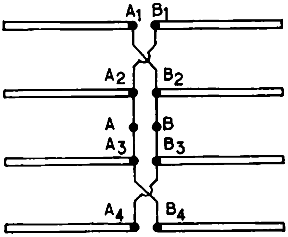


FIG. 5

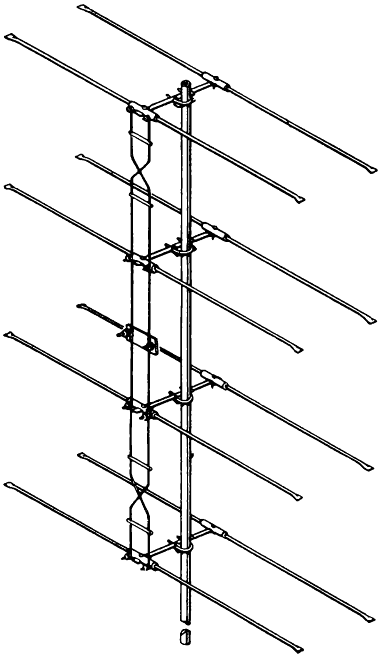


FIG. 6

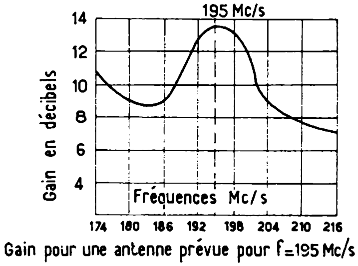


FIG. 7

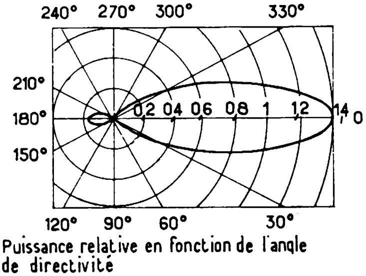


FIG. 8

Aux points A_1 B_1 et A_2 B_2 la résistance est de 600 Ω (avec la présence des réflecteurs non figurés). Pour effectuer l'adaptation à une entrée de récepteur de Z_R ohms on peut utiliser les tronçons λ/4 A_1B_1 - AB et A_2B_2 - AB comme transformateurs quart d'onde, de façon à adapter 600 Ω à 2 Z_R ohms. L'impédance caractéristique de ces lignes est donc :

$$Z_c = \sqrt{1\,200\ Z_r} \text{ ohms}$$

Avec Z_r = 300 Ω, on trouve $Z_c = \sqrt{360\,000} = 600$ Ω

Avec Z_r = 75 Ω, on trouve $Z_c = \sqrt{90\,000} = 300$ Ω

Suivant le cas on utilisera un câble de liaison, entre le récepteur et les points AB, de 300 ou de 75 Ω.

F. — Antenne à trois étages

Sur la figure 4, qui ne représente que les radiateurs, les liaisons A_1B_1 - AB et A_2B_2 - AB sont croisées. Aux points A_1B_1 et A_2B_2 l'impédance est de 600 Ω. Les liaisons s'effectuent avec des lignes de 600 Ω, de sorte qu'aux points AB la résistance est 200 Ω. Pour une entrée de récepteur de 300 Ω, il n'est pas indispensable d'effectuer une adaptation et on peut connecter aux points AB un câble de 300 Ω. Sinon l'adaptation s'effectuera avec un « quart d'onde » de $Z_c = \sqrt{300 \cdot 200} = 245$ ohms.

Pour 75 Ω, il faut disposer entre AB et le câble de 75 Ω conduisant au récepteur, un transformateur quart d'onde réalisé avec un câble d'impédance $Z = \sqrt{333 \cdot 75} = 160$ Ω (pratiquement on prendra 150 Ω que l'on trouve dans le commerce).

G. — Antenne à quatre étages

Les liaisons s'effectuent comme le montre la figure 5. En procédant comme dans les cas précédents, on est conduit à disposer les liaisons suivantes :

A_1B_1 - A_2B_2 : demi-onde, fils croisés impédance 600 Ω ;

A_4B_4 - A_3B_3 : demi-onde, fils croisés impédance 600 Ω ;

A_2B_2 - AB et A_3B_3 - AB : transformateurs quart d'onde non croisés. adaptant 2 Z_R à 300 Ω.

Pour Z_r = 300 Ω on a $Z_c = \sqrt{180\,000} = 425$ Ω

Pour Z_r = 75 Ω on a $Z_c = \sqrt{45\,000} = 210$ Ω

Cette antenne est répandue aux U.S.A. La figure 6 montre une réalisation industrielle.

Voici quelques détails sur ses caractéristiques. Le gain obtenu à la fréquence pour laquelle on a calculé l'antenne (f = 300/λ) est de 13 dB environ.

Ce gain n'est que peu diminué dans une très grande étendue de fréquences, comme le montre la figure 7, ce qui assure une bonne reproduction. La directivité est indiquée par la figure 8. On voit que pour une

rotation de 15° seulement, la puissance se réduit dans le rapport 1,4/0,5 = 2,8 fois. Le lobe opposé à la direction 0° est absolument insignifiant.

H. — Valeurs numériques, exemples

Les dimensions en fonction de la longueur d'onde λ ont été indiquées dans chaque cas.

Si par exemple il s'agit de recevoir une émission dont le milieu de la bande se trouve à 180 MHz, on a :

$$\lambda = \frac{300}{180} = 1{,}66 \text{ m} = 166 \text{ cm}$$

et par conséquent les radiateurs auront une longueur totale de :

$$l_1 = 0{,}94 \,.\, 166 = 156 \text{ cm}$$

et les réflecteurs, chacun :

$$l_2 = 1{,}05 \,.\, 83 = 87{,}15 \text{ cm}$$

et montera deux réflecteurs bout à bout *mais non connectés électrique ment,* par étage.

La distance entre étages étant λ/2 sa valeur est 83 cm. Les tubes doivent avoir un diamètre d tel que l'on ait d = λ/200, ce qui dans le présent exemple donne d = 166/200 = 0,83 cm ou 8,3 mm. Des tubes de 8 mm peuvent convenir.

Voici maintenant comment réaliser les diverses liaisons entre éléments.

On peut établir des lignes bifilaires soit avec des tubes plongés dans l'air, soit avec des câbles bifilaires, dont les conducteurs sont entourés de diélectrique. Dans ce dernier cas, la longueur réelle d'un câble dit λ/4 est plus faible que la valeur exacte de λ/4, ce qui rend impossible de joindre deux points distants de λ/2 (cas de la figure 3, par exemple).

On réalise généralement les diverses liaisons A_1B_1 - AB - A_2B_2, etc. (fig. 3, 4 et 5) avec des lignes établies avec des tubes métalliques.

Soit d le diamètre de chaque tube et D la distance *d'axe en axe* des deux tubes parallèles constituant la ligne.

L'impédance de la ligne se calcule suivant la formule :

$$Z_c = 276 \log_{10} \frac{2\,D}{d}$$

(voir chapitre II).

L'emploi de la courbe de la figure 3, chapitre II, dispense de tout calcul.

Voici quelques valeurs de Z_c d'un câble bifilaire en fonction du rapport 2 D/d.

2 D/d	3,5	5,5	8	12	25	40	70	85	150
Z_c (Ω)	150	200	250	300	400	450	500	550	600

Le rapport D/d est la moitié des valeurs indiquées plus haut. Exemple :

$Z_c = 450\ \Omega \quad d = 5$ mm $\quad 2\ D/d = 40 \quad D = 20 \quad d = 10$ cm

Voici les valeurs de D/d pour les différentes impédances calculées précédemment :

Antenne à deux étages :

$Z_c = 600\ \Omega \quad D/d = 75$
$Z_c = 300\ \Omega \quad D/d = 6$

Antenne à trois étages :

$Z_c = 600\ \Omega \quad D/d = 75$
$Z_c = 245\ \Omega \quad D/d = 4$ environ
$Z_c = 160\ \Omega \quad D/d = 1{,}8$ env.

Antenne à quatre étages :

$Z_c = 425\ \Omega \quad D/d = 17$ env.
$Z_c = 210\ \Omega \quad D/d = 3$ env.

On utilisera des tubes ayant un diamètre d de 2 à 10 mm. On évitera en ne choisissant pas un trop grand diamètre de d, d'obtenir une valeur de D supérieure à $\lambda/15$.

Les antennes colinéaires sont intéressantes en VHF mais seulement en bande III car en bande I elles seraient trop encombrantes.

Par contre, en UHF elles seront excellentes et faciles à réaliser.

Leurs dimensions se calculeront comme nous venons de l'indiquer plus haut.

CHAPITRE XVII

ANTENNES POUR UHF

A. — Généralités

Nous donnerons dans ce chapitre quelques descriptions d'antennes UHF choisies parmi les plus efficaces, mais aussi se caractérisant par leur simplicité permettant leur réalisation par des techniciens même non professionnels.

Il faut noter que l'antenne n'est pas le seul organe intervenant dans l'installation qui précède le récepteur. Il y a aussi le système de transmission des signaux depuis l'antenne jusqu'à l'entrée du téléviseur dont les pertes sont supérieures en UHF, ce qui oblige à choisir des câbles de transmission à faibles pertes spécialement destinés aux fréquences de 400 à 1 000 MHz. Enfin, le problème de la réception des UHF comportera des solutions toutes onéreuses :

1° Remplacer l'installation actuelle VHF par une installation VHF-UHF avec deux groupes d'antennes, filtres séparateurs entre antennes, câbles de transmission à faibles pertes.

2° Laisser en place l'installation VHF et la « doubler » par une seconde installation UHF.

Etudions la réalisation des antennes individuelles pour UHF.

Les plus simples sont les antennes Yagi, analogues à celles adoptées en VHF.

B. — Antennes Yagi pour UHF

Ces antennes sont de faibles dimensions car la longueur d'onde varie, en UHF, entre 75 cm (400 MHz) et 33 cm (900 MHz) et on sait que les éléments d'une antenne sont approximativement égaux ou inférieurs à $\lambda/2$ (37,5 à 16,5 cm).

Il en résulte qu'une antenne UHF, à gain relatif égal, captera beaucoup moins de puissance qu'une antenne VHF et il faudra prévoir des antennes à grand gain relatif (plus de décibels) en ultra hautes fréquences. Nous avons déjà fait cette remarque au sujet des bandes I et III. On sait que dans la bande I, des antennes de 2 à 5 éléments donnent satisfaction généralement alors qu'en bande III on a besoin dans les cas difficiles d'antennes à 12 éléments et parfois 2 fois 12 éléments et même plus.

En UHF, une antenne à 64 éléments n'est pas chose rare surtout dans le cas de la bande V correspondant aux fréquences les plus élevées des ultra hautes fréquences.

Très heureusement, si le nombre des éléments est plus grand, les dimensions des constituants de l'antenne sont plus petits. La réalisation de l'antenne est plus aisée et à la portée de tous ceux qui savent monter un appareil électronique.

Les dimensions des antennes Yagi étant proportionnelles aux longueurs d'onde, il suffira d'appliquer une règle de trois pour les déterminer à partir de celles d'une antenne VHF ayant fait ses preuves.

Si, toutefois, B_o est la largeur de bande de l'antenne VHF et f_o la fréquence médiane de la bande, la *transposition* en UHF ne conservera pas la valeur de B, mais le rapport f_o/B_o.

Soit par exemple le cas d'une antenne VHF prévue pour f_o = 200 MHz et dont la largeur de bande est B_o = 16 MHz.

Si la fréquence médiane de l'antenne UHF obtenue par transposition (proportionnalité) est par exemple f_1 = 600 MHz, sa largeur de bande B_1, sera donnée par la relation :

$$\frac{B_1}{B_o} = \frac{f_1}{f_o}$$

Dans notre exemple, f_o = 200 MHz, f_1 = 600 MHz et B_o = 16 MHz. On a, par conséquent :

$$B_1 = 3\ B_o = 48\ \text{MHz}$$

La largeur des canaux UHF est de 8 MHz en conformité avec le standard français 625 F dans lequel la différence entre les deux porteuses f_i (image) et f_s (son) est :

$$\Delta f = 6{,}5\ \text{MHz}$$

Cette valeur de Δf convient à la deuxième chaîne et à la future troisième chaîne.

Dans notre exemple, l'antenne, ayant une bande de 48 MHz, c'est-à-dire 6 fois 8 MHz, pourra recevoir 5 à 6 canaux UHF de 8 MHz chacun.

La grande largeur de bande d'une antenne ainsi déterminée est une propriété utile, car une même antenne pourra servir pour la réception de plusieurs canaux adjacents et sa détermination nécessitera moins de précision pour les dimensions.

Il y a intérêt, toutefois, à ne pas trop élargir la bande d'une antenne Yagi, car plus la bande est large, moins grand est le gain de l'antenne considérée.

Nous donnons ci-après quatre tableaux indiquant les dimensions des antennes UHF à 6, 12, 18 et 24 éléments dont la largeur est d'environ 24 MHz. Ce sont des antennes de 75 Ω.

TABLEAU I

Antennes 6 éléments

Longueur	réflecteur	......	F	= $\lambda/2$	
»	radiateur	......	R	= 0,95	$\lambda/2$
»	directeur	1......	D_1	= 0,91	$\lambda/2$
»	»	2......	D_2	= 0,875	$\lambda/2$
»	»	3......	D_3	= 0,84	$\lambda/2$
»	»	4......	D_4	= 0,81	$\lambda/2$

Radiateur de la figure 2.

TABLEAU II

Antennes 12 éléments

Longueur	réflecteur	......	F	= $\lambda/2$	
»	radiateur	......	R	= 0,95	$\lambda/2$
»	directeur	1......	D_1	= 0,91	$\lambda/2$
»	»	2......	D_2	= 0,91	$\lambda/2$
»	»	3......	D_3	= 0,875	$\lambda/2$
»	»	4......	D_4	= 0,875	$\lambda/2$
»	»	5......	D_5	= 0,84	$\lambda/2$
»	»	6......	D_6	= 0,84	$\lambda/2$
»	»	7......	D_7	= 0,81	$\lambda/2$
»	»	8......	D_8	= 0,81	$\lambda/2$
»	»	9......	D_9	= 0,79	$\lambda/2$
»	»	10......	D_{10}	= 0,79	$\lambda/2$

Radiateur de la figure 2.

TABLEAU III

Antennes 18 éléments

Longueur	réflecteur	......	F	= $\lambda/2$	
»	radiateur	......	R	= 0,95	$\lambda/2$
»	directeur	1......	D_1	= 0,91	$\lambda/2$
»	»	2......	D_2	= 0,91	$\lambda/2$
»	»	3......	D_3	= 0,91	$\lambda/2$
»	»	4......	D_4	= 0,875	$\lambda/2$
»	»	5......	D_5	= »	»
»	»	6......	D_6	= »	»
»	»	7......	D_7	= 0,84	»
»	»	8......	D_8	= »	»
Longueur	directeur	9......	D_9	= 0,84	$\lambda/2$
»	»	10......	D_{10}	= 0,81	»
»	»	11......	D_{11}	= »	»
»	»	12......	D_{12}	= »	»
»	»	13......	D_{13}	= 0,79	»
»	»	14......	D_{14}	= »	»
»	»	15......	D_{15}	= »	»
»	»	16......	D_{16}	= 0,75	»

Radiateur de la figure 3.

TABLEAU IV

Antennes à 24 éléments

Longueur	réflecteur	......	F	= $\lambda/2$	
»	»	......	R	= 0,95	$\lambda/2$
»	directeur	1......	D_1	= 0,91	$\lambda/2$
»	»	2......	D_2	= »	»
»	»	3......	D_3	= »	»
»	»	4......	D_4	= »	»
»	»	5......	D_5	= 0,88	»
»	»	6......	D_6	= »	»
»	»	7......	D_7	= »	»
»	»	8......	D_8	= »	»
»	»	9......	D_9	= 0,84	»
»	»	10......	D_{10}	= »	»
»	»	11......	D_{11}	= »	»
»	»	12......	D_{12}	= »	»
»	»	13......	D_{13}	= 0,81	»
»	»	14......	D_{14}	= »	»
»	»	15......	D_{15}	= »	»
»	»	16......	D_{16}	= 0,79	»
»	»	17......	D_{17}	= »	»
»	»	18......	D_{18}	= »	»
»	»	19......	D_{19}	= 0,75	»
»	»	20......	D_{20}	= »	»
»	»	21......	D_{21}	= 0,7	»
»	»	22......	D_{22}	= »	»

Radiateur de la figure 3.

La figure 1 donne l'aspect d'une antenne à 12 éléments sur laquelle on a indiqué la notation des éléments réflecteur F, radiateur R et directeurs D_1, D_2, D_3, etc.

L'écartement entre tous les éléments est de 0,18 λ sauf celui entre radiateur et directeur 1, qui est de 0,09 λ.

Il est recommandé de monter ces éléments sur un bras robuste. Son diamètre doit être de 3 cm au moins. Les tubes auront un diamètre de 4 à 8 mm. Pour le radiateur, nous recommandons le radiateur replié à deux tubes ou à 3 tubes d'égal diamètre (voir figures 2 et 3).

Le réglage de l'adaptation s'effectuera en retouchant la distance entre radiateur et directeur 1.

On retouchera, ensuite, la distance entre radiateur et réflecteur. Nous rappelons sur les figures 2 et 3 la forme des radiateurs à 2 ou 3 éléments.

C. — Dimensions numériques

Nous allons donner ici des exemples de calcul d'antenne.

Soit le cas d'une antenne à 12 éléments destinée à la réception d'un canal dont la fréquence médiane :

$$f = \frac{f_i + f_s}{2}$$

est égale à 500 MHz, ce qui correspond à $\lambda = 60$ cm et $\lambda/2 = 30$ cm.

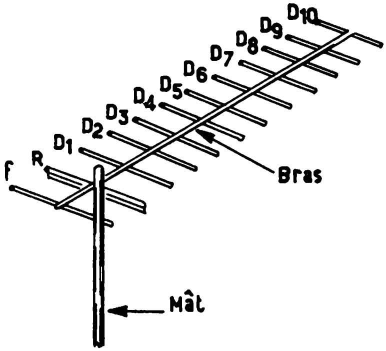


FIG. 1

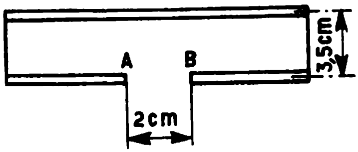


FIG. 2

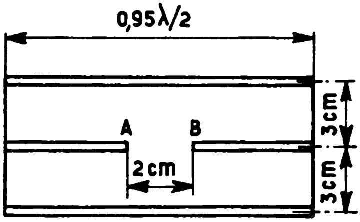


FIG. 3

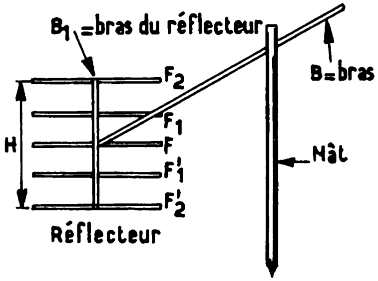


FIG. 4

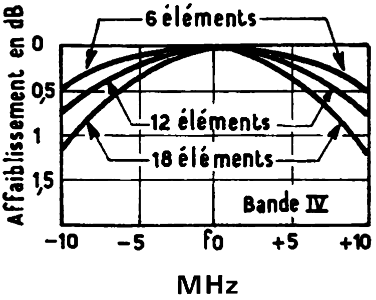


FIG. 5

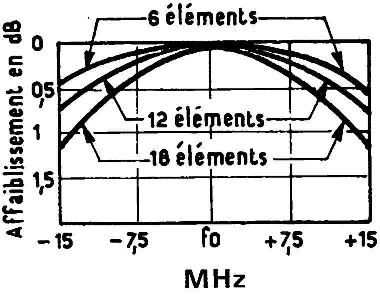


FIG. 6

Le tableau II donne les dimensions des 12 éléments. On a :

Longueur	réflecteur	$\lambda/2$	=	30	cm
»	radiateur	0,95 .30	=	28,5	cm
»	D_1 et D_2	0,91 .30	=	27,3	cm
»	D_3 et D_4	0,875.30	=	26,25	cm
»	D_5 et D_6	0,84. 30	=	25,2	cm
»	D_7 et D_8	0,81. 30	=	24,3	cm
»	D_9 et D_{10}	0,79. 30	=	23,7	cm

L'écartement entre éléments est :

$$0{,}18\ \lambda = 0{,}18.60 = 10{,}8 \text{ cm}$$

et celui entre radiateur et directeur 1 :

$$0{,}09\ \lambda = 5{,}4 \text{ cm}$$

Le gain, très approximatif, de ces antennes est de 7 dB pour la 6 éléments, 11 dB pour la 12 éléments, 13 dB pour la 18 éléments et 15 dB pour la 24 éléments.

Le gain augmente assez peu en ajoutant d'autres éléments.

Pour augmenter encore le gain, il n'existe que deux moyens ; le premier consiste à réaliser des antennes à deux, trois, quatre, six ou huit étages identiques et montés en parallèle. Chaque fois que l'on doublera le nombre des étages on augmentera le gain de 3 dB environ (voir chapitre suivant).

Le second moyen consiste à monter un réflecteur à plusieurs tubes, comme celui des antennes dièdres dont nous parlerons plus loin. Un exemple de réflecteur de ce genre est donné par la figure 4.

La valeur de H est de l'ordre de $\lambda/2$, valeur non critique.

Les figures 5 et 6 indiquent la forme de la courbe de réponse des antennes pour les bandes IV et V respectivement. Celle des antennes à 24 éléments sont à courbure plus grande.

Si l'on monte des antennes à plusieurs étages (ou nappes), on peut augmenter le gain d'une manière certaine. Comme les dimensions des antennes UHF sont réduites, l'encombrement d'une antenne 2, 4, 8 et même 16 nappes n'est pas prohibitif.

Ainsi, avec un écartement de $\lambda/2$, dans le cas d'une antenne pour $f = 500$ MHz, on a $\lambda/2 = 30$ cm, et s'il y a 16 nappes superposées, la hauteur totale de l'ensemble sera 15.30 = 450 cm ou 4,5 m.

D. — Antennes dièdres

Ces antennes fournissent un grand gain, et une directivité très marquée. Leur construction est relativement facile surtout en UHF en raison de la réduction des dimensions

En général, elles se composent d'un réflecteur et d'un radiateur demi-onde. Dans certains types, le dièdre est à l'ouverture de 180° et devient un plan.

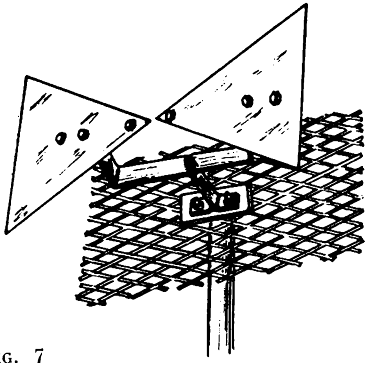


Fig. 7

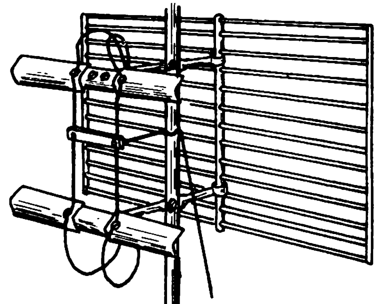


Fig. 8

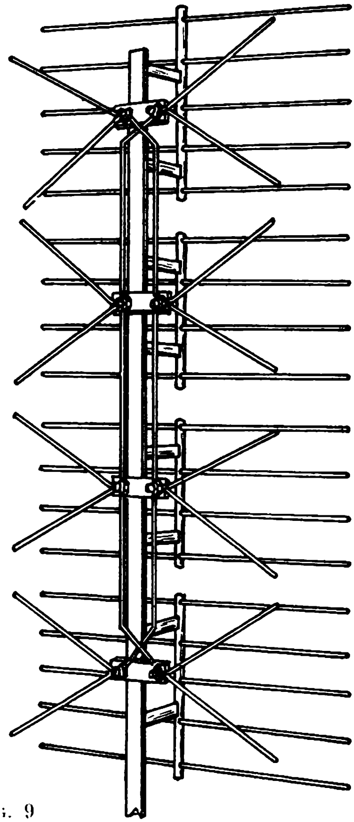


Fig. 9

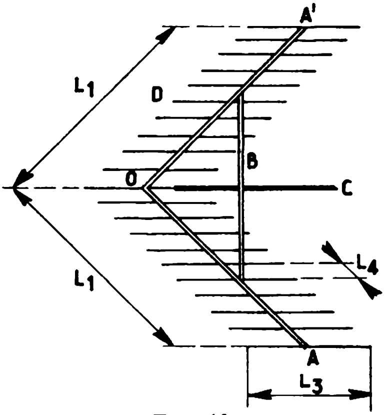


Fig. 10

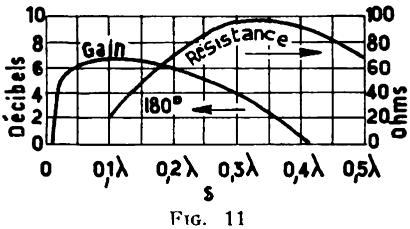


Fig. 11

Les figures 7 (antenne américaine SFD) et 8 donnent des exemples d'antennes dièdres, la première avec radiateur bitriangle et la seconde avec deux radiateurs rectilignes réalisent ainsi une antenne à deux étages. Dans les deux antennes, le réflecteur est plan (voir paragraphe H).

L'antenne de la figure 9 est à quatre étages, radiateur en double V et réflecteur plan.

Celle de la figure 10 a un réflecteur réellement dièdre avec radiateur C, rectiligne, type demi-onde. Le gain est augmenté d'environ 3 dB chaque fois que l'on double le nombre des étages, chaque étage étant représenté par un radiateur.

E. — Dimensions des antennes dièdres

Considérons l'antenne de la figure 10 et supposons que le radiateur est un dipôle demi-onde rectiligne. Dans ce cas le gain et la résistance de l'ensemble radiateur + réflecteur, dépendent de l'angle que font les deux moitiés du réflecteur.

Les courbes de la figure 11 indiquent le gain et la résistance aux bornes de branchement du dipôle en fonction de la distance mesurée en longueur d'onde du centre de l'antenne à l'intersection des plans formant le réflecteur. La figure 12 montre les diverses dimensions intervenant dans la détermination de l'antenne.

Exemple : si $S = 0,25\ \lambda$ la résistance de l'antenne indiquée par la graduation de droite (voir figure 11) est de 80 Ω environ.

L'angle entre les deux plans du réflecteur est de 90°.

La figure 11 montre que le gain reste sensiblement égal depuis $S = 0,05\ \lambda$ jusqu'à $S = 0,25\ \lambda$.

La résistance augmente progressivement. Elle est de 72 Ω pour $S = 0,27\ \lambda$.

Les autres dimensions sont : radiateur rectiligne $0,95\ \lambda/2$. La longueur totale du réflecteur que nous désignerons par 2 L (voir figure 12) n'est pas critique. On la prendra entre 3S et 4S. La largeur du réflecteur qui est sa dimension parallèle au radiateur est généralement supérieure à $\lambda/2$. Si on désigne par H cette largeur on prendra $H > S + \lambda/2$.

F. — Exemple de calcul

Soit à déterminer une antenne UHF du type de la figure 12 prévue pour $f = 558$ MHz.

La longueur d'onde est $300/558 = 0,536$ m $= 53,6$ cm et $\lambda/2 = 26,8$ cm.

On a ensuite, en suivant les indications données plus haut :

$S = 0,36\ \lambda = 0,36.53,6 = 19,3$ cm, pratiquement $S = 20$ cm.

La longueur du radiateur est $0,95\ \lambda/2$:

$0,95.26,8 = 25,5$ cm

En ce qui concerne la largeur H, il faut que :

$H > S + \lambda/2$

ou $H > 20 + 26{,}8 = 46{,}8$.

Prenons $H = 50$ cm.

La longueur totale 2L est donnée par :

$3S < 2L < 4S$,

ou $60 < 2L < 80$ cm.

Prenons $2L = 70$ cm ou $L = 35$ cm.

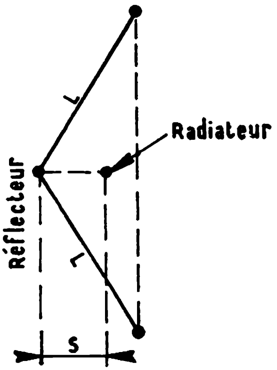


Fig. 12

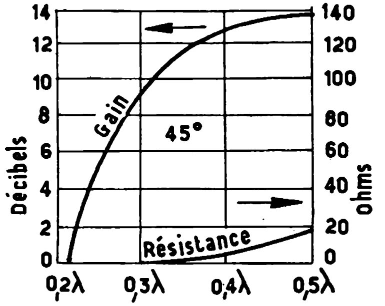


Fig. 13

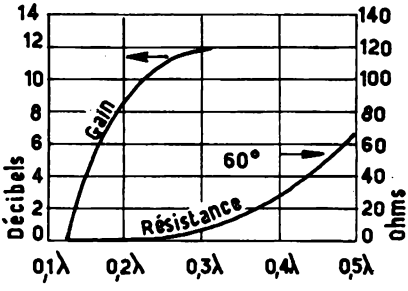


Fig. 14

Il n'est pas nécessaire de refaire les calculs chaque fois que l'on désire réaliser une antenne.

En effet, toutes les dimensions sont proportionnelles aux longueurs d'onde. Si l'on connaît les dimensions d'une antenne prévue pour une

longueur d'onde λ_1, on déduit une dimension D_2 d'une antenne prévue pour λ_2 par la relation :

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{f_1}{f_2}$$

Le réflecteur est constitué par des tubes parallèles ou par un treillis métallique.

Le diamètre des tubes est peu critique : de 5 mm à 2 cm pour le radiateur et quelconque pour les tubes constituant le réflecteur pourvu que le réseau créé par les tubes soit serré. On montera, dans le cas d'une antenne de ce genre une vingtaine de tubes.

Pour d'autres angles que 90° les gains et les résistances sont différents.

Ainsi, pour un angle de 45°, le gain maximum est de 15 dB et on l'obtient pour S = 0,5 λ.

Dans ces conditions, la résistance n'est que de 15 Ω environ (courbes figure 13).

Pour un angle de 60°, le gain est de 12 dB tant que S est compris entre 0,3 λ et 0,5 λ, tandis que la résistance est de 8 Ω pour S = 0,3 λ, de 30 Ω pour S = 0,4 λ, et de 70 Ω pour S = 0,5 λ. Ces dernières données : angle 60°, gain de 13 dB et résistance de 70 Ω sont particulièrement intéressantes. (Figure 14).

Impédance des antennes dièdres

Comme dans toutes les antennes, la présence du réflecteur réduit l'impédance de n fois et il faut par conséquent que celle du radiateur soit de 75.n Ω pour que l'impédance globale de l'antenne soit de 75 Ω.

Si l'on connaît la valeur de n par documentation ou mesures, il suffira de réaliser des radiateurs de 75.n Ω d'après les méthodes maintes fois exposées dans cet ouvrage.

Rappelons que les radiateurs à un tube ont une résistance de 75 Ω, ceux à deux tubes de même diamètre 300 Ω, ceux à 3 tubes 600 Ω, en V 200 à 300 Ω, en cône 200 à 600 Ω suivant ouverture du cône, etc.

L'emploi des radiateurs bicônes permet d'élargir la bande de l'antenne.

Dans le cas d'antennes à plusieurs étages, comme celles des figures 8 et 9, ou celles où les étages sont placés côte à côte, le réflecteur est commun à tous les étages, ce qui diminue l'encombrement total.

G. — Exemple pratique

Une antenne avec réflecteur dièdre a été réalisée et mise au point expérimentalement.

L'aspect de cette antenne est donné par la figure 10 et son profil est montré par la figure 15.

AO et A'O sont les bras métalliques faisant un angle de 90° et réunis au point O. Ces bras supportent les tubes du réflecteur, tous identiques et parallèles et au nombre de 21 (ce nombre n'est pas critique et peut être augmenté ou diminué).

Les tubes et les bras sont réunis électriquement, tous ces éléments étant métalliques et fixés ensemble sans aucun isolant intermédiaire. Le bras B est isolant. Il sert à maintenir le réflecteur et le radiateur dipôle C. Ce radiateur à la forme indiquée par l'une des figures 16 ou 17 suivant l'impédance désirée. Tous les tubes constituant le réflecteur et le radiateur sont perpendiculaires au plan de la figure 15. Il va de soi que le dipôle C se monte au milieu du bras B.

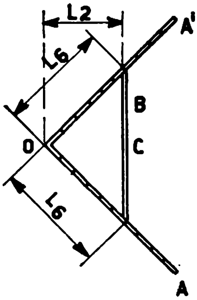


Fig. 15

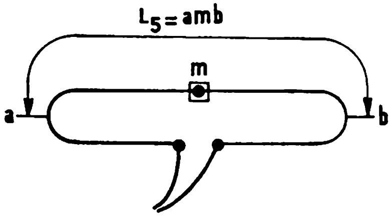


Fig. 16

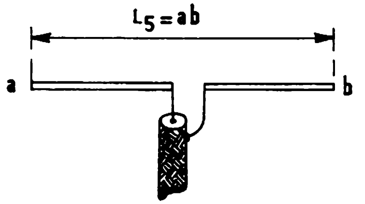


Fig. 17

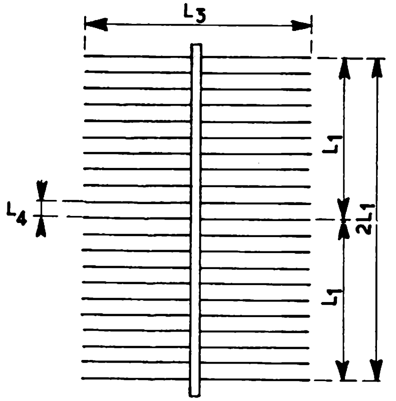


Fig. 18

La figure 18 représente le réflecteur développé sur un plan, c'est-à-dire en le supposant non replié.

Nous indiquons les diverses dimensions des éléments entrant dans la composition de cette antenne, en fonction de la fréquence f, milieu de la bande que l'on désire recevoir. La fréquence étant mesurée en MHz, la dimension est mesurée en centimètres.

Longueur minimum de chaque moitié de réflecteur : $L_1 = 23470/f$.

Longueur de chaque bras métallique : $L_1 = 23470/f$.

Distance du dipôle du point O : $L_2 = 10058/f$.

Largeur minimum des tubes réflecteurs : $L_2 = 16764/f$.

Distance maximum entre les tubes du réflecteur : $L_4 = 2\,794/f$.

Dimension des dipôles : $L_5 = 14\,059/f$.

Angle entre les deux plans du réflecteur : 90°.

Il est facile de voir, l'angle étant de 90°, que la longueur totale du bras isolant B est 2 L_2 et que l'on a :

$$L_6 = 1{,}42\ L_2$$

Remarquons que les dimensions L_1 et L_2 sont des valeurs minima. On peut les augmenter, avec avantage si on le désire, sans rien changer, bien entendu, aux autres dimensions.

La distance entre tubes réflecteurs, L_4, est une valeur maximum. Cette valeur correspond à 21 tubes. Si l'on monte un nombre plus grand, L_4 deviendra plus faible.

Le diamètre des tubes constituant le réflecteur et le radiateur n'est pas critique. Il peut être de l'ordre de 0,3 à 1 cm suivant fréquence pour la réception d'une seule émission de TV.

En augmentant le diamètre du dipôle de la figure 17, on augmente également la largeur de bande. On prendra par exemple $d = L_5/10$

Nous avons indiqué plus haut que la longueur totale du radiateur demi-onde est $L_5 = 14059/f$. Dans le cas du dipôle replié de la figure 16, L_5 représente la longueur a m b, c'est-à-dire une partie rectiligne plus les deux demi-parties recourbées extrêmes. La distance entre les deux tubes parallèles du dipôle replié n'est pas critique tant que ces tubes ont le même diamètre. Elle peut être de l'ordre de $L_5/10$.

La résistance des radiateurs est 72 Ω pour le dipôle rectiligne et 300 Ω pour le dipôle replié.

Exemple de détermination. — Soit f = 500 MHz avec $\lambda = 60$ cm, $\lambda/2 = 30$ cm.

En utilisant les données générales indiquées plus haut, on trouve :

$$L_1 = \frac{23470}{500} = 47 \text{ cm}$$

$$L_2 = \frac{10058}{500} = 20 \text{ cm}$$

$$L_3 = \frac{16764}{500} = 33 \text{ cm}$$

$$L_4 = \frac{2794}{500} = 5{,}6 \text{ cm}$$

$$L_5 = \frac{14059}{500} = 28 \text{ cm}$$

ce qui représente sensiblement 0,95 $\lambda/2$.

$$L_6 = 1{,}42\ L_2 = 1{,}42.20 = 28{,}2 \text{ cm.}$$

CHAPITRE XVIII

AUTRES ANTENNES UHF

A. — Comment augmenter le gain

Rappelons que dans une même catégorie d'antennes, par exemple des antennes Yagi, le gain peut être augmenté si l'on agit judicieusement sur la largeur de bande et les directivités verticale et horizontale.

Le gain augmente lorsque la directivité croît et lorsque la largeur de bande est réduite. Il en résulte deux procédés pour augmenter le gain d'une antenne UHF, dérivée par transposition d'une antenne VHF. (La transposition conserve le gain).

a) Augmentation de la directivité à l'aide de réflecteurs ou radiateurs appropriés.

b) Diminution de la largeur de bande, en agissant sur certains facteurs convenables par exemple le « décalage » des dimensions des éléments successifs ou leur écartement.

Ces deux possibilités d'augmenter le gain sont facilités en UHF par les faits suivants :

L'augmentation de la directivité est possible à l'aide de réflecteurs de dimensions *relativement importantes* par rapport à λ, car λ est faible en UHF. C'est le cas de réflecteurs dièdres par exemple ;

En diminuant la largeur de bande absolue on ne fait que réduire une bande trop large.

La transposition de 180 MHz à 540 MHz triple une bande qui, s'étendant sur 14 MHz permet la réception d'un canal. Il est donc permis de réduire la bande de 42 MHz sans nuire à la réception d'un *seul canal* UHF.

En tenant toujours compte du fait que les dimensions des éléments d'antennes UHF sont réduites, on augmentera le gain en réalisant des antennes à plus grand nombre d'éléments et cela des deux manières habituelles :

a) En augmentant le nombre des directeurs.

b) En réalisant des antennes à plusieurs étages par exemple deux, quatre, huit ou même seize.

Remarquer que lorsqu'on passe d'une antenne déterminée à une antenne composée de plusieurs étages identiques à elle, on diminue la largeur de bande, et on augmente la directivité.

Il convient donc de tenir compte de ces particularités surtout en ce qui concerne la largeur de bande qui, finalement, pourrait devenir insuffisante pour la réception d'une émission du standard français 625 lignes pour TV noir et blanc ou couleur.

B. — Autres types d'antennes UHF

Il existe de très nombreux types d'antennes UHF. On peut les classer en deux catégories d'après leur largeur de bande.

Les antennes à faible largeur de bande couvrent généralement trois canaux. Les autres peuvent couvrir des bandes importantes pouvant atteindre toute la gamme 470 à 890 MHz.

Comme dans le cas des antennes VHF ou autres, les antennes à bande étroite doivent être préférées, car elles fournissent des signaux plus purs que celles à large bande donc moins de parasites, moins de brouillages et moins de souffle.

Nous allons décrire ci-après quelques antennes choisies parmi les plus intéressantes.

C. — Antenne dipôle bitriangle

Le dipôle se compose de deux triangles et les points de branchement sont A et B (voir figure 1).

On peut réaliser une infinité de variantes en modifiant l'angle α ce qui fait varier la résistance.

Lorsque $\alpha = 60°$, les deux triangles sont équilatéraux et tous les six angles sont de 60° par conséquent.

Pour la réception de la bande 470 à 900 MHz on prendra L = 34 cm. La résistance moyenne aux points A et B sera de 300 Ω environ.

Le gain de ce dipôle *seul* est supérieur à celui d'un dipôle rectiligne. La figure 2 donne le gain en décibels en fonction de la fréquence.

On voit qu'il augmente avec celle-ci.

Déterminons les diverses dimensions de cette antenne. Comme L = 34 cm, on a, dans le triangle rectangle B E C :

$$\overline{BE}^2 = \overline{BC}^2 + \overline{CE}^2$$

ou :

$$D^2 = \frac{L^2}{4} + \frac{D^2}{4},$$

d'où $3\ D^2 = L^2$,

$$D = \frac{L}{1,73} = 0,58\ L,$$

et comme L = 34 cm,

on a D = 19,8 cm.

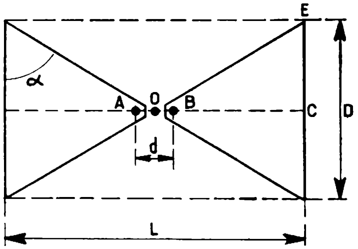


FIG. 1

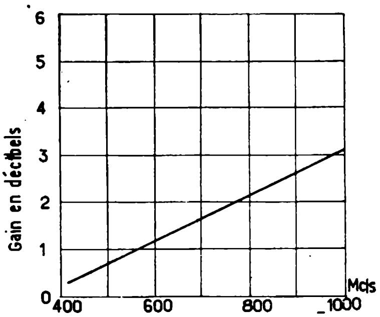


FIG. 2

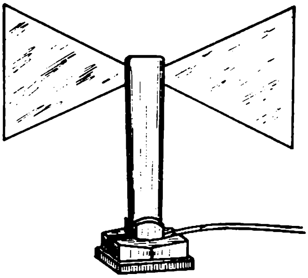


FIG. 3

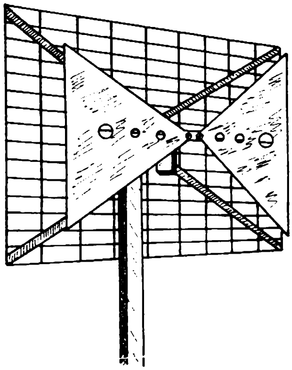


FIG. 4

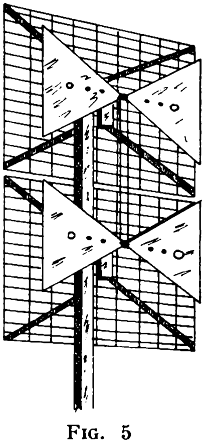


FIG. 5

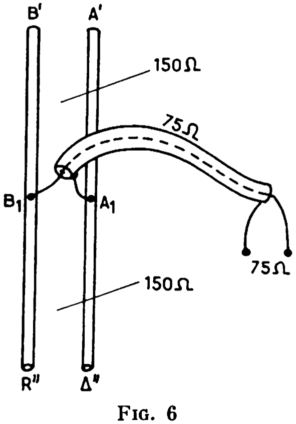


FIG. 6

Pratiquement, on coupera de 1 cm les sommets A et B, de façon à séparer électriquement les deux triangles. On prendra d = 2 cm par exemple. La directivité de cette antenne est satisfaisante.

A 490 MHz, on a un diagramme en huit dont chaque lobe est limité par les azimuts de ± 60°, tandis qu'à 920 MHz l'angle se réduit à ± 40°. Avec des éléments réflecteurs et directeurs, la directivité s'améliore.

Cette antenne par elle-même est originale, elle a des performances intéressantes dans diverses combinaisons que nous allons indiquer ci-dessous. La figure 3 montre une antenne d'appartement pour champs très forts.

D. — Triangle avec réflecteur

La réalisation la plus simple est celle d'un dipôle avec réflecteur droit, comme l'indique la figure 4, Le réflecteur est un carré de 1,16 L de côté, ce qui donne, avec L = 34 cm, un côté de 40 cm environ, valeur non critique.

Ce carré se compose d'un réseau de fils parallèles, 16 horizontaux et 10 verticaux, soutenus par deux barres métalliques croisées et le mât.

Le radiateur est placé à une distance de L/4 = 8,5 cm environ.

On peut faire varier la résistance de rayonnement aux points de branchement du câble en modifiant l'écartement.

En dépassant L/2 on se rapproche de 300 Ω et en adoptant un écartement inférieur à L/4 on peut atteindre 75 Ω.

Dans chaque réalisation, on recherchera l'écartement donnant le maximum de contraste de l'image et le maximum de puissance du son.

E. — Double et quadruple triangle avec réflecteur

On peut gagner environ 3 dB chaque fois que l'on double le nombre des antennes élémentaires.

Celle de la figure 5 comprend deux radiateurs triangulaires devant un réflecteur rectangulaire de 2,32 L de hauteur (80 cm environ) et 1,16 L (40 cm) de largeur.

Les deux radiateurs sont placés de façon que leurs centres O soient distants de L environ.

Pour réaliser l'adaptation à 75 Ω, on reliera les points de branchement, que nous désignerons par A' B' et A'' B'', comme le montre la figure 6. Il s'agit de relier les points A' B' et A'' B'' aux points de branchement A_1 B_1 par des câbles de 150 Ω que l'on peut réaliser en montant en parallèle deux câbles bifilaires de 300 Ω.

Il faut que les deux câbles de 150 Ω aient *la même longueur,* qui peut être quelconque à condition que les antennes élémentaires présentent 150 Ω chacune aux points A' B' et A'' B''.

On obtiendra ce résultat en recherchant expérimentalement le meilleur écartement entre radiateurs et réflecteurs.

Cet écartement sera plus grand que pour l'antenne à un étage.

F. — Antenne à quatre étages à triangles

L'aspect de cette antenne est donné par la figure 7. On voit que le réflecteur est quatre fois plus haut que celui de la figure 4.

Les radiateurs sont écartés de L environ.

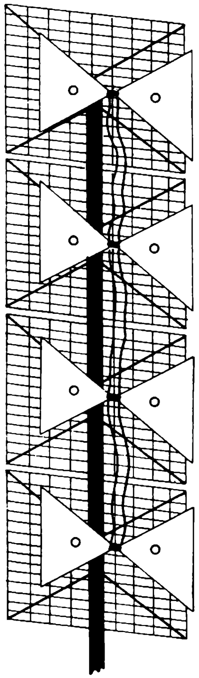


Fig. 7

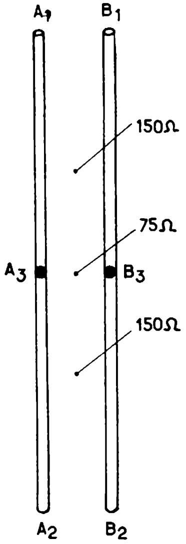


Fig. 8

Voici comment on effectuera l'adaptation. On procèdera comme pour l'antenne à deux étages pour chaque groupe de deux, de la manière indiquée par la figure 6, mais en augmentant la distance entre réflecteur et radiateur jusqu'à $\lambda/3$ environ. La résistance de chaque antenne sera voisine de 250 Ω aux points A' B' et A" B". On reliera ces points aux points de branchements A_1 B_1 avec des câbles de 300 Ω, ce qui donnera un peu moins de 150 Ω en ces points.

L'autre groupe de deux radiateurs sera traité de la même façon, d'où deux autres points de branchement A_2 et B_2 comme le montre la figure 8. Aux points A_3 et B_3 on aura 75 Ω environ.

G. — Gain des antennes triangle

Nous donnons à la figure 9 le gain en décibels des 3 antennes (1, 2 et 4 étages) en fonction de la fréquence d'accord en MHz.

En remarquant que L = 34 cm représente la demi-onde de $\lambda = 68$ cm correspondant à f = 440 MHz, on voit que les antennes décrites fonctionnant en demi-onde vers les 440 MHz et en pleine onde vers 880 MHz, ce qui explique l'augmentation du gain aux fréquences les plus élevées.

Remarquer que pour le modèle à quatre étages on atteint 15 dB vers 700 MHz, le gain variant entre 10 et 15 dB tout le long de la bande 470 à 890 MHz.

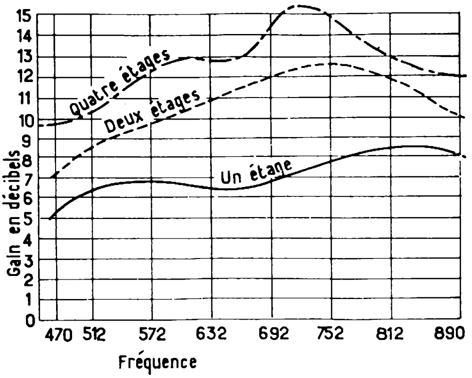


Fig. 9

H. — Antennes Yagi à plusieurs étages

Dans les bandes UHF, il est possible de réaliser des antennes Yagi à nombreux éléments et étages.

En un seul étage, le nombre des éléments peut atteindre 25 environ. Au-delà, le gain n'augmente que très peu en ajoutant des directeurs et on peut l'améliorer en prévoyant un réflecteur en forme de surface plane comme ceux des antennes triangle décrites plus haut.

Enfin, des antennes Yagi à quatre ou même huit étages peuvent être conçues, toutes soutenues par un grand réflecteur plan constitué par des assemblages de tubes parallèles, ou par une surface en toile métallique.

Des indications complètes pour la réalisation des antennes Yagi pour UHF ont été données dans le précédent chapitre.

Voici comment réaliser des antennes à plusieurs étages. La figure 10 montre le mât prolongé vers le haut par le réflecteur vu de profil

soutenant les quatre bras. Ceux-ci comportent les antennes élémentaires à grand nombre d'éléments dont nous n'avons représenté que les radiateurs, leurs réflecteurs individuels étant remplacés par le réflecteur commun plan.

Le mode de branchement des points A_1 B_1 à A_4 B_4 s'effectue de façon que l'on obtienne 75 Ω aux points de branchement de l'ensemble que nous désignerons par A B.

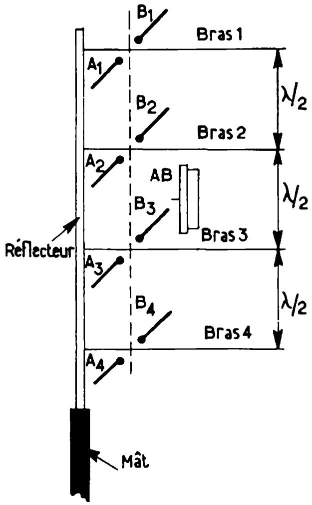


Fig. 10

Cette antenne doit être calculée pour le canal à recevoir. Adoptons, par exemple un canal caractérisé par des fréquences porteuses f_i et f_s, telles que l'on obtienne la fréquence médiane f_o = 558 MHz environ et $\lambda = 53{,}6$ cm, $\lambda/2 = 26{,}8$ cm.

On adoptera des écartements de $\lambda/2$ entre les quatres étages de la figure 10. On reliera les point A_1 B_1 à A_4 B_4 aux points A B placés sur une tige fixée entre les deux bras du milieu (voir figure 10) par des câbles bifilaires de 300 Ω *tous quatre de la même longueur,* celle-ci étant indifférente.

On aura 75 Ω aux points A B.

Le réflecteur sera réalisé suivant les indications de la figure 11. Le mât étant prolongé vers le haut il soutient 12 tubes horizontaux longs de $\lambda/2$ et écartés de $\lambda/6$.

Il n'est pas du tout contre-indiqué de monter des tubes intercalaires placés au milieu de ceux de la figure 11, bien au contraire !

Le diamètre des tubes sera quelconque pourvu que le réflecteur soit rigide.

Les triangles se réalisent généralement en feuilles minces trouées ou en toile métallique encadrée par des fils rigides.

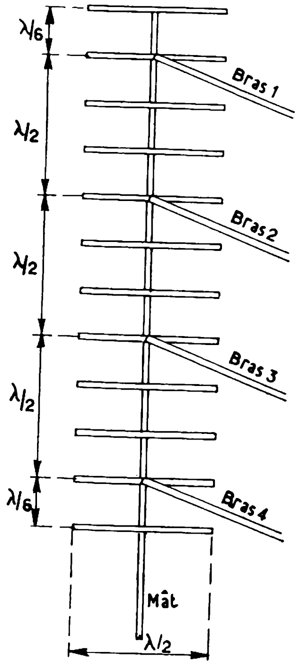


Fig. 11

Les radiateurs seront déterminés de manière que chaque étage constitue une antenne de 300 Ω. Si on dispose de 4 antennes de 75 Ω, les 4 câbles adaptateurs auront une longueur égale à 3 k λ/4 et une impédance de 150 Ω ce qui donnera 4 extrémités de 300 Ω, donc 75 Ω comme résultante.

CHAPITRE XIX

ANTENNES LOG PERIODIQUES

A. — Généralités

Ces antennes peuvent intéresser un grand nombre d'utilisateurs d'appareils TV, TVC et FM en raison de leurs propriétés particulières, notamment leur largeur de bande extensible dans les deux sens (vers fréquences élevées ou vers fréquences moins élevées) et leurs autres qualités.

Il faut toutefois signaler que cette antenne ne doit pas être considérée comme supérieure à tout ce qui a été réalisé jusqu'à présent et surtout à l'antenne Yagi sauf dans certains cas seulement.

L'antenne log-périodique ne doit pas remplacer une antenne Yagi pour recevoir un seul canal TV, mais sera intéressante si l'on désire recevoir plusieurs émissions de fréquences très différentes, par exemple en bandes I à V TV et bande FM. Encore faut-il que les émetteurs se trouvent dans l'angle d'ouverture de l'antenne, car l'antenne log-périodique est directionnelle comme la Yagi.

En raison de sa grande largeur de bande elle sera inférieure à une antenne Yagi à faible largeur de bande au point de vue souffle.

Le grand intérêt de l'antenne log-périodique est évidemment la possibilité qu'elle a de réserver des surprises agréables à ses utilisateurs

En effet, on peut, si l'on possède un téléviseur multicanaux et un appareil FM, recevoir des émissions qui n'auraient pas été reçues avec une antenne Yagi accordée sur un canal déterminé.

La construction de l'antenne log-périodique est aussi aisée que celle d'une antenne Yagi mais un peu plus longue toutefois, car elle exige aussi la mesure de certains angles en plus de celle de longueurs d'éléments.

Un point important est l'encombrement, qui donne lieu à certaines difficultés pour l'installation de cette antenne sur le toit d'un immeuble. Comme toutes les antennes, il faut la fixer aussi haut que possible, non seulement par rapport au sol, mais aussi par rapport au niveau du toit et même par rapport aux divers niveaux des toits des maisons voisines. On l'éloignera aussi, des autres antennes qui pourraient se trouver dans le voisinage.

B. — Choix des matériaux

Comme dans les autres types d'antennes, le matériel doit être avant tout léger et les pièces métalliques actives d'excellente conductibilité.

Les pièces isolantes seront choisies pour leur robustesse et leur bonne tenue par rapport aux agents atmosphériques et climatiques.

La précision est à observer pour les longueurs des éléments, leur emplacement, ainsi que pour les angles adoptés α et φ. Une erreur de 2 % au maximum est généralement admissible.

Par contre, il semble que la section des éléments ait moins d'importance. On peut passer du simple au double et même au triple de section sans constater une différence notable dans les résultats obtenus. La forme de la section est indifférente et les « tubes » peuvent être pleins ou creux.

Ils devront toutefois être rigides. On les empêchera de vibrer soit grâce à leur section suffisante, soit en les fixant aux deux extrémités, cas obligatoire si l'on utilise du fil souple (antenne en zigzag).

La carcasse de l'antenne peut être en bois, mais il est préférable, pour des installations de longue durée, d'utiliser du métal.

Tout le matériel d'antenne log-périodique peut être peint avec n'importe quelle peinture pourvu qu'elle soit isolante et protectrice. Même les tubes actifs peuvent être peints sans qu'il y ait diminution appréciable du gain. Si l'on utilise du fil, il peut être enrobé dans un soupliso ou tout autre tube en matière plastique ou, évidemment, peint.

C. — Directivité

La directivité semble réelle, mais on a constaté des réceptions dans des angles correspondant à l'impossibilité théorique de recevoir une émission déterminée.

On peut expliquer ce phénomène par la réception de signaux réfléchis par les obstacles ce qui a lieu dans des régions montagneuses mais aussi en agglomérations urbaines et le réflecteur peut être un mur ou même une autre antenne.

D. — Caractéristiques générales

Il existe plusieurs types d'antennes log-périodiques. Tous les types se caractérisent par une largeur de bande comprise entre deux fréquences limites : f_{min} et f_{max} dont le choix est libre, ce qui permet de réaliser une antenne à bande très large, couvrant par exemple les UHF et les VHF, c'est-à-dire les fréquences des émetteurs TV et FM. Ce genre d'antenne peut se réaliser avec une ou deux nappes.

Chaque nappe est constituée, comme celles des antennes Yagi, par un bras sur lequel sont fixés les éléments de l'antenne. Ces éléments sont espacés d'après une loi déterminée et leur longueur dépend de leur emplacement sur le bras.

L'élément d'une antenne log-périodique se compose en principe d'une tige métallique dont une extrémité est fixée sur un conducteur parallèle au bras ou au bras lui-même et l'autre est libre. L'élément est perpendiculaire au bras ou tous les éléments sont dans un même plan. Ils

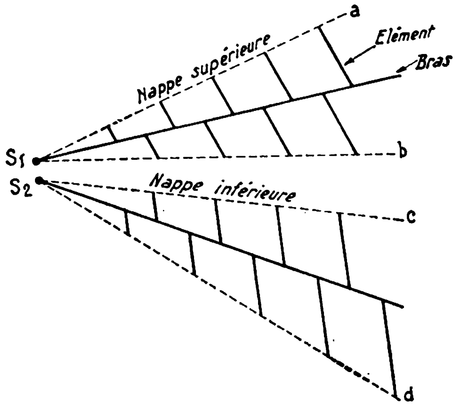


FIG. 1

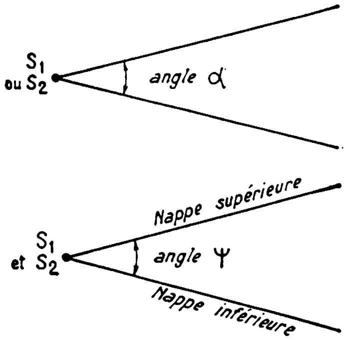


FIG. 2

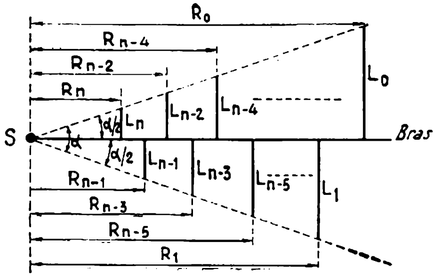


FIG. 3

sont montés de part et d'autre du bras. Par rapport aux éléments des antennes Yagi, on peut dire que ceux des antennes log-périodiques sont des demi-éléments longs de $\lambda/4$ au lieu de $\lambda/2$.

Dans certaines versions, les éléments log-périodiques sont disposés en alternance, dans d'autres en prolongement et enfin, il y a des éléments en zig-zag ou de forme triangulaire ou trapézoïdale.

Lorsqu'on désire déterminer les éléments d'une antenne log-périodique à deux nappes, il faut tenir compte également de l'angle d'ouverture de chaque nappe et de l'angle existant entre les deux nappes.

L'impédance de ce genre d'antennes est de l'ordre d'une centaine d'ohms et l'on peut réaliser des antennes de 75 ou 300 Ω, convenant à la réception TV et FM.

Des gains de 10 décibels peuvent être atteints. Les éléments peuvent être également obliques par rapport au bras comme dans les antennes en V.

La longueur utile d'un bras ne dépend que de la limite inférieure de la bande à transmettre.

Voici maintenant les indications sur la détermination de quelques types d'antennes log-périodiques.

E. — Antenne à deux nappes à éléments alternés

Le type d'antenne que nous allons décrire comprend deux nappes triangulaires. Les sommets S_1 et S_2 de chaque triangle sont confondus (voir figure 1) au point de vue géométrique L'angle d'ouverture d'une nappe est désigné par α (voir figure 2) et l'angle entre les plans des deux nappes est désigné par ψ.

Sur la figure 1, n'existent matériellement que les bras et les éléments disposés en alternance de part et d'autre du bras et perpendiculaires à celui-ci. Les droites S_{1a}, S_{1b}, S_{2c}, S_{2d} indiquent l'angle α mais n'existent pas matériellement. Les sommets S_1 et S_2 sont isolés l'un de l'autre.

Désignons par L_n la longeur d'un élément de rang n. L'élément qui le précède est l'élément dont la longueur est L_{n-1}. L'ordre de progression du rang est de l'ouverture vers le sommet. L'élément de longueur L_n se trouve par conséquent plus proche du sommet que l'élément de rang n—1 dont la longueur est L_{n-1} (voir figure 3).

La loi suivant laquelle les longueurs L se déduisent les unes des autres est la suivante :

$$\frac{L_n}{L_{n-1}} = T < 1$$

Ainsi soit, par exemple $T = 0{,}9$ et $L_n = 10$ cm. On a : $L_{n-1} = 10/T = 10/0{,}9 = 11{,}1$ cm ; $L_{n-2} = 11{,}1/T = 11{,}1/0{,}9 = 12{,}35$ cm.

Pratiquement, il est préférable, pour plus de précision, de déterminer les longueurs en fonction de l'une seulement d'entre elles

Ainsi si L_n est connue, on a :

$L_{n-1} = L_n/T$;
$L_{n-2} = L_n/T^2$;
$L_{n-3} = L_n/T^3$.

Dans notre exemple T = 0,9 dont T^2 = 0,81, T^3 = 0,729, etc. On trouve, avec L_n = 10 cm :

L_{n-1} = 10/0,9 = 11,1 cm ;
L_{n-2} = 10/0,81 = 12,34 cm ;
L_{n-3} = 10/0,729 = 13,7 cm.

Les distances entre le sommet S et les points ou les éléments joignent le bras sont désignés par R comme on le voit sur la figure 3. La progression R se fait suivant la même « raison » (raison d'une progression = rapport d'un terme au précédent).

On a donc les mêmes formules que pour les longueurs :

$R_{n-1} = R_n/T$;
$R_{n-2} = R_n/T^2$;
$R_{n-3} = R_n/T^3$.
etc.

La distance R dépend évidemment de l'angle d'ouverture α et de la longueur L correspondante de l'élément. Il est clair que l'on a (voir figure 3) :

$$L_n = R_n \text{ tg } (\alpha/2)$$

donc, connaissant $\alpha/2$ et L on peut déduire immédiatement $R_n = L_n$ tg $(\alpha/2)$.

Soit par exemple α = 90°, $\alpha/2$ = 45°, tg 45° = 1 et dans *ce cas particulier* $L_n = R_n$.

Si α = 60°, $\alpha/2$ = 30°, tg 30° = 0,57 donc, si L_n = 100 cm par exemple R_n = 100/0,57 = 175 cm.

Voici quelques valeurs des tangentes trigonométriques des angles compris entre $\alpha/2$ = 10° et a/2 = 45° :

Angle $a/2$	Tangente
10	0,173
12	0,212
15	0,267
20	0,364
25	0,466
30	0,577
35	0,7
40	0,839
45	1

Pour d'autres angles $\alpha/2$ on trouvera la valeur de la tangente dans tous les recueils de tables numériques notamment dans la plupart des recueils de tables de logarithmes.

Les formules données plus haut doivent être utilisées, en pratique, de la manière suivante : on détermine d'abord la longueur L_o de l'élément le plus long. On a ensuite :

$L_1 = T\,L_o$
$L_2 = T^2 L_o$
$L_n = T^n L_o$

Les distances R se déterminent des longueurs L en se servant de la formule :

$R_o = L_o \mathrm{tg}\ (\alpha/2)$
$R_1 = L_1/\mathrm{tg}\ (\alpha/2)$
etc.

F. — Détermination des angles α et ψ, de T et de L

Les angles α et ψ définis sur la figure 2 peuvent être déterminés d'après le gain désiré.

On utilisera le graphique de la figure 4. Supposons que l'on désire un gain de 8 décibels avec un angle d'ouverture $\alpha = 60°$. Dans ce cas, on trouve $\psi = 43°$. La valeur de T est généralement comprise entre 0,9 et 0,7. Plus T est grand, plus il y aura d'éléments pour une antenne donnée et plus il seront rapprochés.

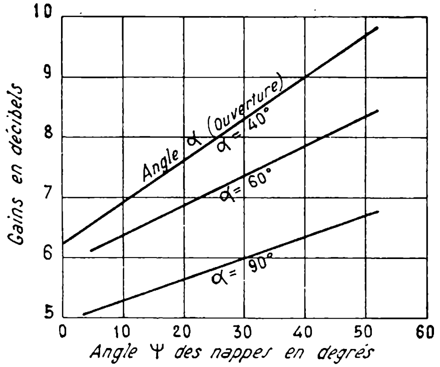


Fig. 4

Reste à connaître la longueur de L_0 permettant de déduire celles de L_1... L_n et les distances R_o ... R_n.

La longeur L_0 du premier élément est exactement égale à $\lambda_o/4$, λ_o étant la longueur d'onde correspondant à la fréquence limite inférieure de la bande désirée.

Soit, par exemple f = 50 MHz la limite inférieure de la bande. On a :

$$\lambda = \frac{300}{50} = 6 \text{ mètres ;}$$

$\lambda/4 = 150$ cm ;
donc $L_o = 150$ cm, $L_1 = L_o . 0{,}9$; $L_2 = L_o . 0{,}81$, etc.

Ensuite, si, par exemple $\alpha = 60°$ $\alpha/2 = 30°$, tg $30° = 0{,}577$ on voit qu'il suffit de diviser L par 0,577 pour avoir R.

Voici, au tableau 1, pour faciliter la détermination des éléments, les valeurs T, T^2, T^3... T^{10} pour diverses valeurs de T comprises entre 0,9 et 0,5

TABLEAU I

T	T^2	T^3	T^4	T^5	T^6	T^7	T^8	T^9	T^{10}
0,9	0,81	0,729	0,656	0,59	0,53	0,478	0,43	0,387	0,348
0,8	0,64	0,512	0,4	0,32	0,26	0,208	0,167	0,134	0,1
0,7	0,49	0,343	0,24	0,16	0,117	0,082	0,057	0,04	0,028
0,6	0,36	0,216	0,129	0,077	0,0466	0,027	0,016	0,01	0,006
0,5	0,25	0,125	0,0625	0,031	0,0156	0,0078	0,003	0,0019	0,00097

Reste aussi à déterminer le nombre des éléments afin d'étendre la bande désirée jusqu'à la limite supérieure en fréquence imposée.

Ce nombre n d'éléments peut se déduire des relations suivantes dans lesquelles f_b est la fréquence la plus basse de la bande et f_h la fréquence la plus élevée et les longueurs d'onde correspondantes λ_b et λ_h.

Considérons le rapport :

$$\frac{f_h}{f_b} = \frac{\lambda_b}{\lambda_h} = \rho$$

D'autre part, il est clair que le rapport entre la longueur du premier élément et celle du dernier, en supposant qu'elle puisse être exactement celle qui convient, est égal à ρ. Soit n le rang de ce dernier élément. Sa longueur est :

$$L_n = T^n \; L_o$$

et comme $L_o/L_n = \lambda_b/\lambda_h = \rho$,
il vient

$$\rho = \frac{1}{T^n}$$

et en inversant $T^n = 1/\rho$.

Connaissant le rapport ρ, dont $1/\rho$, il suffit de rechercher dans le tableau 1, la valeur de T^n qui se rapproche le plus de $1/\rho$, *par défaut.*

Soit, par exemple T = 0,9, f_h = 900 MHz, f_b = 45 MHz donc ρ = 900/45 = 20. On a :

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{20} = 0{,}05$$

On voit que n = 10 est encore trop faible donc n > 10.

Le tableau s'arrêtant à n = 10, il faut recourir au calcul. De la relation :

$$T_n = \frac{1}{\rho}$$

on déduit, en prenant les logarithmes décimaux :

$$n \log T = - \log \rho$$

$$\text{d'où } n = - \frac{\log \rho}{\log T}$$

on doit trouver n positif car log T = log 0,9 est forcément négatif.

Le logarithme de ρ = 20 est égal à 1,3 et le logarithme de 0,9 est égal à

$$\log 0{,}9 = \log 9 - \log 10$$

$$\log 9 = 0{,}95$$

$$\log 10 = 1$$

$$\text{donc } \log 0{,}9 = - 0{,}05$$

et par conséquent :

$$n = \frac{1{,}3}{0{,}05} = \frac{130}{5} = 26$$

on tombe, exceptionnellement, sur un nombre entier pour n, il faut par conséquent 27 éléments (le rang du premier élément ayant été noté zéro).

Si l'on avait trouvé n = 26,5 par exemple on aurait pris n = 27 et il aurait fallu 28 éléments. Pour déterminer les valeurs de T^p au-dessus de P = 10 il suffit de se souvenir que l'on a :

$$T^{11} = T^{10} . T$$

$$T^{12} = T^{10} . T^2$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots$$

$$T^{20} = T^{10} . T^{10}$$

$$T^{21} = T^{20} . T$$

$$T^{26} = T^{20} . T^6$$

Le nombre de 27 éléments trouvé n'est pas excessif, car ces éléments sont au maximum longs de λ/4 pour la fréquence la plus basse et deviennent de plus en plus petits à mesure que leur rang augmente.

Dans une antenne log-périodique de 27 éléments, il y a une longueur totale de tubes métalliques moindre que dans une antenne Yagi à 12 éléments.

Si toutefois on désire réduire le nombre des éléments on pourra adopter une valeur inférieure pour T, par exemple 0,7. Le tableau I montre qu'un rapport de 20 entre f_h et f_b correspond à $T^n = 0{,}05$ est obtenu pour $T^n = T^9 = 0{,}04$, valeur la plus proche de 0,05 par défaut, avec n = 9 donc 10 éléments par nappe.

Si l'on prend T = 0,8 on a $T^{10} = 0{,}1$, $T^{12} = 0{,}064$, $T^{13} = 0{,}0512$, $T^{14} = 0{,}04$ donc n = 14 et le nombre des éléments est de 15.

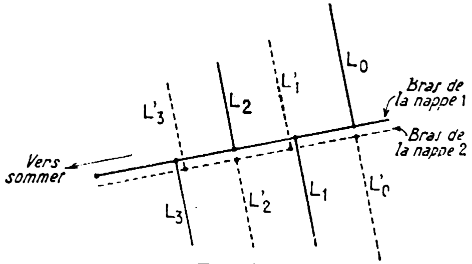


FIG. 5

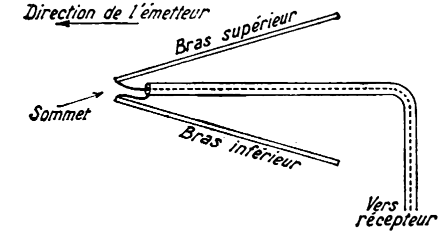


FIG. 6

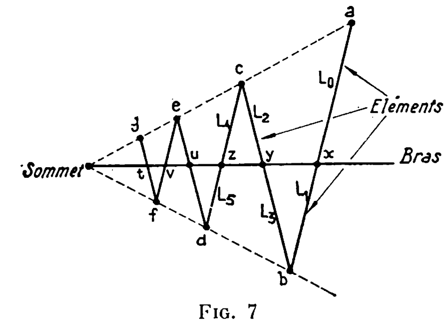


FIG. 7

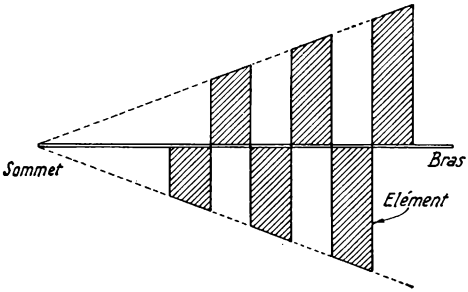


FIG. 8

Les éléments sont disposés sur les deux nappes de la même manière mais de telle façon que ceux d'une nappe soient dirigés en sens contraire, par rapport au bras, de celui des éléments homologues de l'autre nappe.

Sur la figure 5, on montre cette disposition pour les éléments d'ordre 0, 1, 2 et 3. En regardant le bras de la nappe 1, L_o est dirigé vers le haut du dessin tandis que L'_o, élément homologue de l'autre nappe, est dirige vers le bas du bassin. D'autre par L_1 est dirigé vers le bas et L'_1 vers le haut et ainsi de suite.

G. — Branchement du câble de transmission

Considérons les bras de chaque nappe. Ceux-ci sont isolés l'un de l'autre. Ils supportent des éléments identiques, mais d'orientation opposée. Le câble de transmission à deux conducteurs doit être connecté comme le montre la figure 6. En supposant que le câble est coaxial, on pourra relier le conducteur intérieur au bras de la nappe supérieure et le conducteur extérieur au bras de nappe intérieure. L'antenne est orientée vers l'émetteur avec le sommet en avant et l'ouverture à l'arrière. Les éléments sont horizontaux.

H. — Antennes dérivées

L'antenne que nous venons de décrire peut servir de point de départ pour concevoir d'autres types d'antennes log-périodiques. Ainsi, en réduisant à zéro l'angle ψ entre les deux nappes, les deux nappes se superposent et la présentation de l'antenne devient réellement celle de la figure 3.

Les éléments $\lambda/4$ sont en prolongement l'un de l'autre, mais reliés à une ligne différente. Au point de vue de la construction, on peut voir que cette antenne sera moins encombrante et plus facile à réaliser mais comme on peut le constater en consultant le graphique de la figure 4, le gain sera réduit si $\psi = 0$. L'antenne à une nappe ainsi obtenue peut être encore modifiée en montant des éléments en V, l'ouverture du V étant dirigée vers le sommet de l'antenne, c'est-à-dire vers l'émetteur.

On augmente ainsi la directivité en diminuant l'angle du lobe principal et en réduisant les lobes secondaires.

La directivité peut être également améliorée avec des directeurs disposés en avant de l'élément d'ordre n, c'est-à-dire vers l'émetteur comme dans l'antenne Yagi.

Nous donnons à la figure 7 la disposition en zig-zag. On a présenté une des deux nappes constituant cette antenne. Le bras sert à la fixation des éléments. On constate alors que les éléments qui sont en prolongement comme L_0-L_1 ou L_2-L_3, etc. peuvent être confondus en un seul. De plus, aux points a, b, c, g, les éléments peuvent être reliés électriquement.

Finalement, tous les éléments sont réalisables avec un fil souple monté sur une carcasse en matière isolante comportant deux tiges : a, c, e, g, et b, d, f, avec un bras métallique au milieu.

Pour les fréquences élevées, les éléments, au lieu d'être des tiges métalliques, peuvent être constitués par des surfaces en forme de trapèze ou de triangle.

La figure 8 montre l'aspect d'une nappe à éléments en forme de trapèze et la figure 9 celle à triangles.

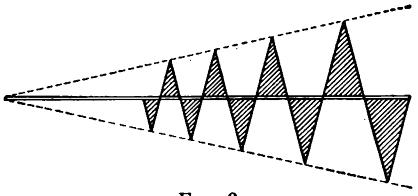


Fig. 9

I. — Antennes toutes bandes

a) antenne toutes bandes : I à V.

b) antenne bandes II à V donc FM, et TV depuis la bande III jusqu'à la bande V.

c) antenne bande III à V, pour ceux qui ne s'intéressent pas aux réceptions FM.

Disons tout de suite que les antennes *b* et *c* à bande limitée de déduisent de l'antenne toutes bandes *a* en supprimant les éléments correspondant aux bandes non désirées, qui sont les éléments les plus encombrants.

On ne perdra pas de vue toutefois, que l'antenne log-périodique possède une directivité caractérisée par un angle de l'ordre de ± 30° de part et d'autre de la direction optimum. Il est donc nécessaire de vérifier, avant de la construire, qu'il sera possible de trouver une orientation permettant de capter toutes les stations recevables dans la région considérée.

L'antenne sera du type à deux nappes indiquée par la figure 1. La fréquence limite inférieure est $f_b = 45$ MHz. La limite supérieure est $f_h = 900$ MHz environ. Déterminons d'abord les longueurs L.

L'élément de longueur L_o (voir figure 3) ayant une longueur égale à $\lambda/4$, sa longueur est :

$$L_o = \frac{\lambda}{4} = \frac{300}{4\,f} = \frac{75}{f} \text{ mètres}$$

avec f en MHz, ce qui donne :

$$L_o = 1{,}66 \text{ m} = 166 \text{ cm.}$$

Adoptons, pour les autres éléments la progression géométrique de raison 0,9.

$L_1 = 166 \,.\, 0{,}9 = 150$ cm,
$L_2 = 166 \,.\, 0{,}81 = 134{,}5$ cm,
$L_3 = 166 \,.\, 0{,}729 = 121$ cm,
$L_4 = 166 \,.\, 0{,}656 = 109$ cm,

$L_5 = 166 . 0{,}59 = 98$ cm,
$L_6 = 166 . 0{,}53 = 88$ cm,
$L_7 = 166 . 0{,}478 = 79$ cm,
$L_8 = 166 . 0{,}43 = 71{,}6$ cm,
$L_9 = 166 . 0{,}387 = 64{,}4$ cm,
$L_{10} = 166 . 0{,}348 = 58$ cm.

Arrêtons pour le moment notre calcul pour nous rendre compte à quelle fréquence correspond L_{10}.

Comme $\lambda/4 = 58$ cm on a $\lambda = 232$ cm $= 2{,}32$ m donc

$$f = \frac{300}{2{,}32} = 130 \text{ MHz}$$

Nous avons la bande I et dépassé la bande II qui se situe vers 100 MHz.

Pour continuer le calcul, étant donné que le tableau I (I) ne donne pas les puissances supérieures à 10 du rapport T = 0,9 nous partirons de $L_{10} = 58$ pour calculer les éléments suivants. On a, par conséquent $L_{11} = L_{10} . 0{,}9$ et ainsi de suite.

Déterminons dès maintenant à quel élément il faudra s'arrêter. Comme $f_h = 900$ MHz, on a :

$$\frac{\lambda}{4} = \frac{75}{900} = 0{,}083 \text{ m} = 8{,}3 \text{ cm.}$$

Le dernier élément sera par conséquent celui qui aura cette longueur ou la longueur immédiatement inférieure donnée par le calcul.

Poursuivons notre calcul :

$L_{11} = 58 . 0{,}9 = 52{,}4$ cm,
$L_{12} = 58 . 0{,}81 = 47$ cm,
$L_{13} = 58 . 0{,}729 = 42{,}2$ cm,
$L_{14} = 58 . 0{,}656 = 38$ cm,
$L_{15} = 58 . 0{,}59 = 34{,}2$ cm,
$L_{16} = 58 . 0{,}53 = 30{,}8$ cm,
$L_{17} = 58 . 0{,}478 = 27{,}7$ cm,
$L_{18} = 58 . 0{,}43 = 25$ cm,
$L_{19} = 58 . 0{,}387 = 23$ cm,
$L_{20} = 58 . 0{,}348 = 20{,}2$ cm.

Avec L_{20}, nous ne sommes pas encore parvenus à une longueur de 8,3 cm. Nous partirons donc de $L_{20} = 20{,}2$ cm :

$L_{21} = 20{,}2 . 0{,}9 = 18{,}2$ cm,
$L_{22} = 20{,}2 . 0{,}81 = 16{,}4$ cm,
$L_{23} = 20{,}2 . 0{,}729 = 14{,}7$ cm,
$L_{24} = 20{,}2 . 0{,}656 = 13{,}2$ cm,
$L_{25} = 20{,}2 . 0{,}59 = 11{,}9$ cm,
$L_{26} = 20{,}2 . 0{,}53 = 10{,}7$ cm,
$L_{27} = 20{,}2 . 0{,}478 = 9{,}65$ cm,
$L_{28} = 20{,}2 . 0{,}43 = 8{,}7$ cm,
$L_{29} = 20{,}2 . 0{,}387 = 7{,}8$ cm.

On voit que l'élément L_{29} est le dernier nécessaire pour atteindre et dépasser légèrement la limite de 900 MHz.

Nous rappelons à nos lecteurs qu'il ne faut en aucun cas déduire un élément d'ordre n de l'élément précédent d'ordre n—1 en multipliant par 0,9 car l'erreur sur le dernier élément pourrait être considérable en raison des erreurs successives. Il faut procéder comme nous venons de le faire, en multipliant par les puissances 1, 2, 3... n de T = 0,9. De cette façon, chaque élément possède une longueur dont le calcul n'est entaché que d'une seule erreur due à la suppression des décimales.

On peut dans tous les cas s'arrêter au millimètre, par excès ou par défaut.

Voici maintenant le calcul des écartements R.

Reportons-nous à la figure 2 qui indique la signification des angles α et ψ.

Adoptons un angle α de 60° et un angle ψ de 53° ce qui correspond à un gain de 8 dB.

On a indiqué précédemment que la distance du sommet à l'élément de longueur L_p ($p = 0, 1, 2 \ldots n$), désignée par R_p est donnée par la relation de proportionnalité :

$$R_p = L_p/\text{tg}\,(\alpha/2) \qquad (1)$$

Dans notre cas $\text{tg}\,(\alpha/2) = \text{tg}\,30° = 0{,}577$.

Comme il est plus facile de multiplier que de diviser, nous écrirons la relation équivalente à (1) :

$$R_p = L_p \cdot \frac{1}{\text{tg}\,30°} = L_p \cot 30° \qquad (2)$$

on a, évidemment, $\cot 30° = 1/0{,}577 = 1{,}8$, donc :

$$R_p = 1{,}8\, L_p \qquad (3).$$

Le tableau II ci-après donne les valeurs de R_0 à R_{29}, calculées d'après cette dernière relation (3) :

TABLEAU II

R	Longueur	R	Longueur
0	300 cm	15	61,6 »
1	270 »	16	55,5 »
2	243 »	17	50 »
3	217 »	18	45 »
4	196 »	19	41,4 »
5	177 »	20	36,4 »
6	159 »	21	32,8 »
7	142 »	22	29,5 »
8	129 »	23	26,5 »
9	116 »	24	23,7 »
10	104 »	25	21,4 »
11	94 »	26	19,2 »
12	84,5 »	27	17,4 »
13	86 »	28	15,6 »
14	68,2 »	29	14 »

J. — Construction de l'antenne

L'antenne se compose de deux nappes identiques, reliées mécaniquement (et non électriquement), par leurs bras, du côté de l'angle d'ouverture de la nappe de sorte que les plans des deux nappes fassent un angle $\psi = 53°$ comme nous l'avons prévu plus haut.

Les éléments, à réaliser tous en double exemplaire (un par nappe) peuvent être constitués par des tiges métalliques en aluminium, vides (tubes) ou pleines.

Le diamètre des tiges doit être suffisant pour assurer leur rigidité. Pour les tiges de longueur inférieure à 50 cm, un diamètre de 5 à 10 mm peut convenir. De 50 cm à 1 m, il faudrait adopter un diamètre 20 mm et des « tubes » sont préférables à des tiges pleines qui sont plus lourdes.

On remarquera que chaque nappe a la forme d'un triangle équilatéral étant donné que l'angle d'ouverture L est de 60°. Les trois côtés, théoriques, sont SA, AB et BS. Le bras constitue la perpendiculaire abaissée sur la base AB ou, encore, la bissectrice de l'angle au sommet S.

La moitié de la base AB existe sur chaque nappe sous forme d'élément. Sur la nappe supérieure c'est l'élément L_0 et sur la nappe inférieure l'élément L'_0.

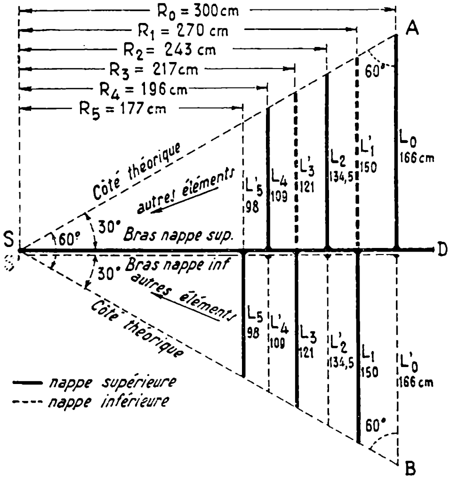


Fig. 10

La figure 10 représente en somme les deux nappes superposées, alors qu'en réalité leurs plans font un angle $\psi = 53°$.

Pour la construction pratique les bras auront une longueur SD (ou S'D') supérieure à R_0, c'est-à-dire un peu plus de 300 cm, par exemple 320 cm, ce qui permettra de réaliser un ensemble rigide des deux nappes lorsqu'elles seront à angle ψ de 53°.

K. — Assemblage des deux nappes

Comme il ressort des indications ci-dessus, les deux nappes sont identiques, mais les éléments doivent être en opposition, si L_0 est dirigé vers le haut, L'_0 sera dirigé vers le bas. Cette disposition est essentielle et constitue une des principales caractéristiques de l'antenne log-périodique. La figure 11 montre l'ensemble des deux nappes dont seuls les bras sont représentés. Les éléments sont, par conséquent, perpendiculaires au plan constitué par les deux bras.

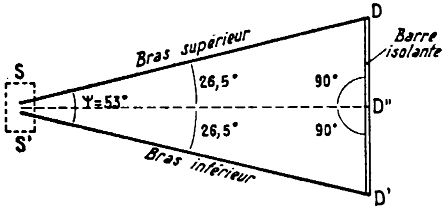


Fig. 11

Les deux points S et S' doivent être fixés, aussi près que possible l'un de l'autre, *sans se toucher*, sur une pièce isolante de forme et nature quelconque pourvu qu'elle soit robuste. Le câble de transmission sera branché à ces deux points. Si l'un des conducteurs du câble est à la masse ou à la terre, au point de vue HF, il sera relié à S'.

Pour maintenir la solidité et la rigidite de l'ensemble on commencera par monter une *tige isolante* DD' entre les deux extrémités restantes.

La longueur de cette tige est fonction de l'angle ψ et de la distance SD ou S'D'.

On a vu plus haut que $R_o = 300$ cm. En prenant SD = S'D' = 310 cm par exemple et en remarquant que le triangle S D D" est un triangle rectangle, on a évidemment :

$$D\,D'' = S\,D \cos\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\psi}{2}\right)$$

Comme $\psi = 53°$, $\psi/2 = 26{,}5°$ et $\pi/2 - \psi/2 = 90 - 26{,}5° = 63{,}5°$. Les tables indiquent que $\cos 63{,}5° = 0{,}44$.

Il vient, par conséquent :

D D" = 0,44 . 310 = 136 cm et D' D" = 272 cm.

Un autre élément de renforcement sera une tige, également *isolante*, disposée entre les sommets S S' et le point D". Sa longueur est évidemment S D" = SD cos $\psi/2$ = S D cos 26,5° et comme cos 26,5° = 0,895, on a :

$$S\,D'' = 0{,}895 \,.\, 310 = 277 \text{ cm}$$

valeur à retoucher en raison de la présence de la pièce isolante aux sommets S et S'.

Il sera nécessaire de parachever la consolidation de cet assemblage en montant deux ou trois tiges isolantes, parallèles à D D' et fixées au milieu sur SD" et aux extrémités sur les bras.

Une erreur légère sur l'angle ψ n'altère en rien le fonctionnement de l'antenne.

Le câble de transmission passera par le point D". Il sera maintenu tout le long de D" S et sera connecté en S et S' comme indiqué plus haut.

L. — Orientation et fixation

L'antenne doit être orientée vers les émetteurs à recevoir, les points S S' étant du côté émetteur et la tige D D' dans le sens opposé. La tige S D" doit être horizontale et le plan des bras et de S D" vertical.

L'antenne log-périodique se fixera sur un mât. Le point de contact entre le mât et la tige S D" doit être le centre de gravité de l'antenne qui sera recherché expérimentalement en suspendant l'antenne en divers points de SD' jusqu'au maintien horizontal de l'ensemble. Il est évident que le centre de gravité se trouvera plus près de D" que du sommet S S'. L'antenne sera fixée sur le mât en trois points, un par le bras supérieur, le deuxième, au dessous, sur la tige S D" et le troisième sur le bras inférieur S' D'. Le mât sera haubané comme dans le cas de toutes les antennes.

M. — Antennes à bande réduite

Le principal inconvénient de l'antenne log-périodique est évidemment son encombrement, lorsqu'elle doit recevoir la bande I mais on conviendra que cet inconvénient est celui d'une antenne Yagi bande I. Une antenne Yagi donnant un gain de 8 dB a généralement cinq éléments environ et est aussi longue et lourde que l'antenne log-périodique qui a l'avantage sur la Yagi de recevoir aussi les autres bandes.

Si dans la région de l'utilisateur il n'y a pas de bande I, les éléments les plus encombrants et lourds seront supprimés et l'antenne sera beaucoup plus facile à construire et à installer.

Voici des données précises sur les éléments à conserver ou, plutôt, sur ceux à supprimer, de l'antenne décrite plus haut.

1° La bande I est supprimée. La fréquence la plus basse est alors la limite inférieure des FM qui se situe vers 85 MHz. Adoptons, pour avoir une marge de sécurité, f_b = 80 MHz. On a alors :

$$\lambda = \frac{300}{80} = 3{,}46 \text{ m}$$

$$\lambda/4 = 3{,}46/4 = 0{,}865 \text{ m} = 86{,}5 \text{ cm.}$$

L'élément L dont la longueur se rapproche le plus, par excès, de 86,5 cm est L_6 = 88 cm qui sera conservé tandis que les éléments L_5, L_4, L_3, L_2, L_1 et L_0 seront supprimés.

De même, on réduira la longueur des bras, des tiges de fixation, etc., sans rien modifier à ce qui reste et aux angles α et ψ.

Si la FM n'est pas désirée, f_b = 150 MHz environ. On ne recevra que les bandes III, IV et V.

Avec f_b = 150 MHz on a λ = 2 m, $\lambda/4$ = 50 cm et l'élément à conserver est L_{11} = 52,4 cm et une suppression des éléments L_0 à L_{10}.

Il se peut même que dans la région, le canal de la bande III soit de fréquence plus élevée, par exemple 200 MHz environ. Dans ce cas, λ = 150 cm, $\lambda/4$ = 37,5 cm et l'élément le plus long à conserver est L_{14} = 38 cm.

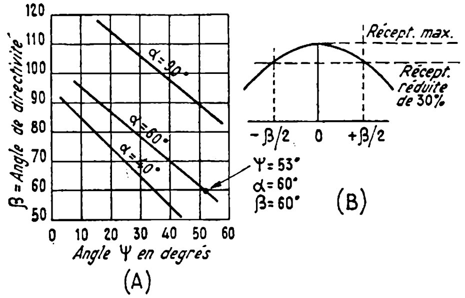


Fig. 12

Il n'y a pas d'intérêt, *actuellement*, de réaliser une antenne log-périodique uniquement pour les UHF car dans une région déterminée on ne peut recevoir plus d'un seul émetteur. Il se peut toutefois que dans les régions frontalières proches de la Suisse, l'Allemagne et l'Italie, l'on puisse recevoir deux émissions UHF.

La situation sera modifiée avec les futures chaînes françaises à venir.

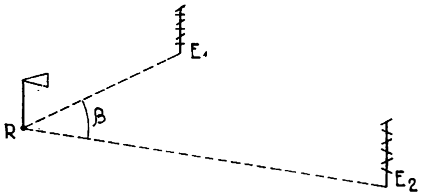


Fig. 13

Ne jamais perdre de vue, toutefois, la directivité de l'antenne. La figure 12 donne en A la valeur de l'angle de directivité β en fonction des angles α et ψ. Le point P correspond à notre antenne.

Considérons aussi la figure 13 qui représente deux émetteurs TV (ou FM), E_1 et E_2 et l'emplacement R du récepteur, ou plutôt de l'antenne réceptrice.

Si l'angle α est inférieur à 30°, il y a des chances de pouvoir recevoir les deux émissions, s'il est supérieur, la puissance reçue pourrait être trop faible et seule, l'expérience peut fixer l'utilisateur sur cette question. L'impédance de l'antenne augmente avec l'angle ψ des bras, elle varie de 60 à 150 Ω lorsque ψ varie de 0° à 50° environ.

En connectant un câble coaxial de 75 Ω, on risque une désadaptation de maximum 2. Le gain a été mesuré par divers expérimentateurs qualifiés et ne semble pas être trop affecté par la désadaptation.

L'emploi d'adaptateurs d'impédance est rendu difficile en raison même de la large bande de cette antenne.

Si l'on ne doit recevoir qu'un nombre limité d'émissions, il est possible de trouver une solution pratique en réalisant un adaptateur pour chaque émission.

N. — Antennes zig-zag

Une des réalisations pratiques d'antennes log-périodiques est l'antenne zig-zag, qui présente des avantages par rapport aux autres antennes log-périodiques, notamment au point de vue de sa plus grande facilité de construction.

La détermination des dimensions de ses éléments s'effectue en partant de celles d'une antenne à éléments parallèles alternés, décrite dans nos précédents paragraphes.

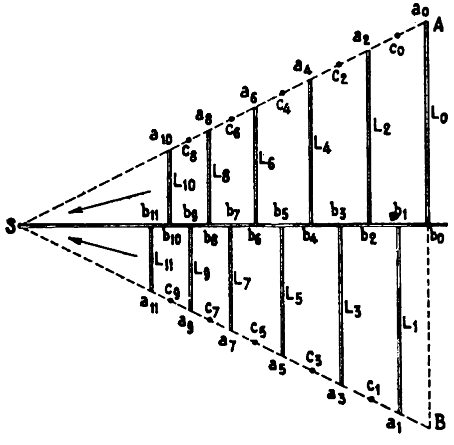


Fig. 14

Considérons, par exemple, l'antenne représentée par la figure 10.

Nous représentons à la figure 14, une des nappes, par exemple la nappe supérieure avec les éléments L_0 L_2 ... L_{10} alternant avec les éléments L_1 - L_3 ... L_{11}.

Ces éléments sont définis par leurs extrémités et on a : $L_0 = a_0\ b_0$, $L_1 = a_1\ b_1$. $L_2 = a_2\ b_2$ etc...

Pour réaliser la même nappe en type zig-zag, on prendra les milieux des droites a_0 a_2, a_2 a_4 ... et a_1 a_3, a_3 a_5 ..., ce qui donnera les points c_0 c_2, c_4 ... et c_1, c_3, c_5 ...

Nous reproduisons à la figure 15 le bras et les points c ainsi déterminés.

Au point de vue mécanique, la nappe supérieure de la figure 16 et la nappe inférieure non représentée, se composent, dans l'antenne zig-zag d'une carcasse triangulaire, SAB avec le bras SC pour la nappe supérieure.

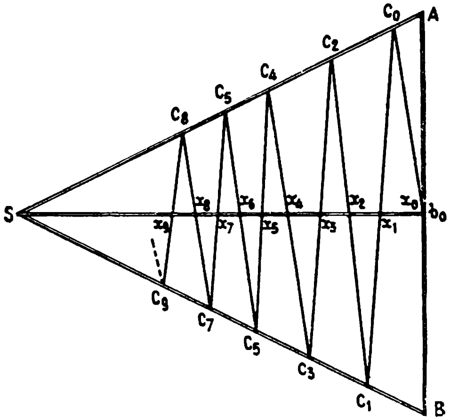


Fig. 15

Le bras est toujours métallique, mais les côtés du triangle ABC, doivent être isolants. Des tiges en bois bien sec conviennent parfaitement.

On obtiendra ainsi un bâti robuste constituant le support du zig-zag qui s'effectuera avec un fil métallique de 2 à 4 mm de diamètre, en cuivre bien entendu. On commencera au point b_0 et on fixera le fil, sans le couper, au point c_0.

De ce point, il passera au point c_1 et il sera soudé sur le bras, toujours sans le couper, au point d'intersection.

On continuera de la même manière le zig-zag : c_1 - c_2 - c_3 - c_4 - c_5 - c_6 - c_7 - c_8 - c_9, etc., jusqu'à la fin déterminée, comme nous l'avons expliqué précédemment par la fréquence la plus élevée de la bande.

Les moyens de fixation sont faciles à imaginer. Sur les tiges SA et SB en bois, on peut réaliser les points c par des trous dans lesquels passera le fil, ou par des vis sur lesquelles le fil fera un tour, ou même deux s'il est nu ou dénudé en ce point.

Le fil peut aussi être une tresse métallique et même un fil isolé, à condition qu'il soit dénudé au passage sur le bras pour effectuer la soudure.

Un autre moyen de connecter ensemble les passages du zig-zag sur le bras et de réaliser ce dernier en matière isolante et de le « doubler » par un fil nu de quelques millimètres de diamètre sur lequel on soudera le zig-zag.

O. — Antenne à ailettes

Au lieu d'un fil en zig-zag, on peut disposer des éléments triangulaires *pleins*, comme $x_0\ c_0\ x_1$, $x_1\ c_1\ x_2$, $x_2\ c_2\ x_3$, etc.

Les côtés $x_0\ x_1$, $x_1\ x_2$, $x_2\ x_3$, etc., seront évidemment soudés au bras ou à un fil le remplaçant.

P. — Bras inférieur

Si le croquis de la figure 15 représente le bras supérieur, le bras inférieur sera réalisé de la même manière, mais le plan S.A.B. de ce bras sera orienté de telle façon que si les plans étaient superposés, S coïnciderait avec S', A avec B' et B avec A' de sorte que les zig-zags se croiseraient.

En résumé, pour réaliser une antenne en zig-zag ou à ailettes on déterminera d'abord, d'après les méthodes indiquées précédemment, les dimensions d'une antenne à éléments alternés. On déterminera ensuite les points c, ce qui permettra de construire l'antenne désirée.

La réalisation matérielle des antennes zig-zag est la plus aisée, la plus économique et la plus rapide et peut être tentée par un radiotechnicien.

Signalons que dans le cas d'une antenne log-périodique destinée à plusieurs bandes, par exemple TV (UHF), TV (VHF) et FM, il ne faut pas disposer de filtres séparateurs du côté antenne (ceci est d'ailleurs impossible, car il n'y a qu'une seule antenne) mais uniquement à l'arrivée du câble près des récepteurs.

Q. — Antennes pour UHF

Dans le domaine des UHF qui en télévision couvre la bande 450 à 900 MHz, les antennes log-périodiques sont plus facilement utilisables en raison de leurs dimensions réduites, ce qui permettra non seulement une installation plus aisée mais aussi, de réaliser des antennes à plus grand gain et à rendement plus uniforme sur tous les canaux.

Un plus grand gain est obtenu principalement par les procédés suivants :

a) association de plusieurs antennes log-per.,

b) montage de plusieurs antennes log-per., chacune orientée dans une direction différente,

c) adjonction d'éléments directeurs.

Les procédés *a* et *b* peuvent être adoptés en même temps.

a) Pour associer plusieurs antennes log-per. identiques, sans influences réciproques, on procédera comme dans le cas général d'une antenne quelconque.

Soit Z l'impédance d'une seule antenne. Le montage. en parallèle donnera une impédance Z/n, n étant le nombre des antennes.

On les disposera de l'une des manières suivantes : l'une sur l'autre ou l'une à côté de l'autre (voir figure 16), la distance entre deux antennes sera égale à environ 18 fois la longueur d'onde correspondant à la limite inférieure en fréquences de la bande a $\lambda = 0{,}75$ m et la distance minimum sera de 1,5 m.

b) Si l'on désire recevoir de plusieurs directions différentes, on procédera comme dans le cas *a*, mais en orientant les antennes dans les directions convenables (fig. 17).

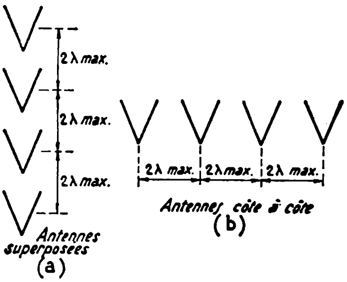


Fig. 16

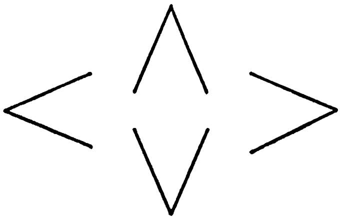


Fig. 17

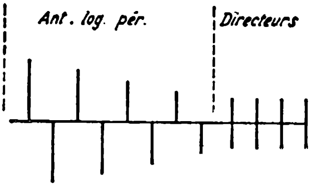


Fig. 18

c) Dans certaines études sur les antennes log-per., on recommande de monter des directeurs vers l'avant de l'antenne, c'est-à-dire du côté du sommet (où l'on branche le câble) et par conséquent dans la direction de l'émetteur. Les directeurs seront longs de 0,9 $\lambda/2$ environ, λ étant la longueur d'onde la plus faible recevable par l'antenne. La distance entre directeurs sera de l'ordre de 0,25 λ. On placera le premier directeur à environ 0,25 λ du premier élément de l'antenne log-per. Nous n'avons pas d'autres renseignements sur ce procédé qui peut être essayé aisément et mis au point expérimentalement. Le nombre des directeurs est de 2 à 4 (voir fig. 18).

CHAPITRE XX

ANTENNES SPECIALES LONGUE DISTANCE

A. — Catégories d'antennes L.D.

Nous désignerons « Longue distance » par les initiales L.D. De nombreux cas particuliers d'emploi d'antennes L.D. peuvent être envisagés. En voici les plus importants :

a) réception d'une seule émission ;

b) réception de deux émissions différentes ;

c) réception de plusieurs émissions s'effectuant sur des fréquences différentes et provenant de plusieurs directions.

Chacun de ces cas donne lieu à l'utilisation d'antennes d'un genre particulier permettant d'obtenir le meilleur compromis entre les différentes qualités exigées d'une antenne L.D.

B. — Réception d'une seule émission

Dans ce cas, il est possible d'obtenir simultanément et sans compromis, toutes les qualités exigées.

Comme il ne s'agit que d'une seule émission, l'antenne peut être accordée sur une bande étroite, de 4 à 14 MHz suivant le standard de l'émission à recevoir.

Lorsqu'il s'agit de recevoir d'une seule direction, l'antenne sera par conséquent très directive et éliminera toute émission située en dehors de son angle de réception. Son accord sur une bande étroite conférera à l'antenne une bonne sensibilité et aidera à éliminer toutes les émissions s'effectuant sur des fréquences extérieures à la bande à recevoir. Il va de soi que les antennes répondant à ce cas sont les antennes Yagi à un ou plusieurs étages, chaque étage comportant un nombre aussi grand que possible d'éléments parasites : réflecteur et directeurs. Un gain de 9 dB est le minimum lorsque la distance est supérieure à 50 kilomètres.

A mesure que la distance augmente, le gain devra être augmenté.

Aucune loi ou règle ne peut être proposée pour déterminer exactement le gain nécessaire.

La bonne réception dépend de multiples causes : propagation, endroit où se trouve le récepteur, hauteur des antennes, époque de l'année et le temps qu'il fait au moment de la réception !

Dans chaque cas on s'efforcera d'acquérir ou de réaliser l'antenne fournissant le plus de gain possible en compatibilité avec les moyens dont on dispose ; si le gain élevé est une condition exclusive, les deux autres qualités : bande réduite et directivité poussée, ne sont pas toujours obligatoires.

En effet, si le champ de réception est pur de toute émission indésirable, le gain seul suffit à rendre efficace l'antenne.

Dans ce cas, celle-ci pourra être d'un type à grand gain mais dont la directivité serait moins bonne, de même que la largeur de bande pourrait être plus grande que nécessaire. Des antennes en losange, en V, peuvent très bien convenir et on les adoptera surtout à la campagne où de grandes surfaces de terrain sont à la disposition des usagers.

C. — Réception de deux émissions

Les deux émissions peuvent s'effectuer sur la même fréquence comme c'est le cas surprenant de Paris et Lille.

On peut désirer recevoir l'une ou l'autre de ces émissions, qui diffusent d'ailleurs, à peu près, le même programme, en raison des conditions de propagation, meilleures à certains moments pour l'une des stations que pour l'autre.

Un autre cas de ce genre est celui de deux émissions s'effectuant sur des fréquences voisines.

L'antenne sera évidemment du même genre que dans le cas d'une seule émission. Cependant, les deux stations peuvent se trouver dans deux directions différentes.

Trois solutions sont possibles : *a*) une seule antenne et dispositif de rotation mécanique ou électrique ;

b) deux antennes identiques, chacune dirigée vers la station à recevoir ;

c) antenne omnidirectionnelle.

Les deux premières solutions conduisent au maximum de performances. La troisième prive la réception de l'élimination des parasites et de tous autres brouillages provenant de directions autres que celles comprises dans l'angle aigu de directivité d'une antenne unidirectionnelle.

Seule la solution *a*) conduit au maximum de rendement.

Les deux émissions peuvent être nettement différentes en fréquence et en orientation. Les solutions sont :

d) deux antennes, chacune dirigée vers l'émetteur correspondant ; *e*) antenne couvrant les bandes des deux émetteurs pouvant s'orienter mécaniquement ou électriquement ; *f*) antenne toutes ondes toutes directions.

Ce cas est une généralisation du précédent. Si l'on tient absolument à avoir la possibilité de recevoir un grand nombre de stations il y a le choix entre deux sortes d'antennes : *a*) antenne unidirectionnelle orientable mécaniquement ou électriquement, recevant toutes ondes ; *b*) antenne omnidirectionnelle toutes ondes.

La solution *a*) conduit à de meilleurs résultats que la solution *b*). Aucune des deux ne donne lieu au maximum d'élimination des émissions indésirables.

D. — Antennes à deux radiateurs

Lorsque les deux émissions à recevoir s'effectuent sur des canaux adjacents ou très voisins on peut utiliser des antennes dérivées des Yagi à deux radiateurs, chacun accordé sur la fréquence médiane du canal à recevoir.

Un cas d'utilisation de ce genre d'antenne se présente souvent en France. Soit, par exemple, à recevoir Paris, Lille et Strasbourg.

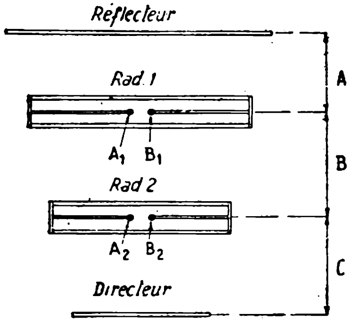


FIG. 1

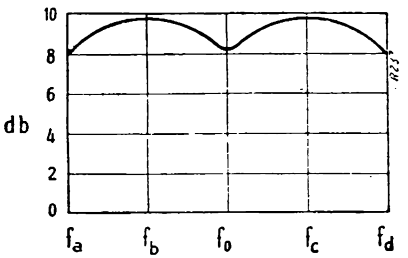


FIG. 2

L'antenne est représentée sur la figure 1. En réalité, il y a deux antennes à éléments « enchevêtrés ». En effet, on peut considérer une première antenne composée du réflecteur, du radiateur 1 et de deux directeurs, le radiateur 2 en faisant fonction. La seconde antenne comporte un directeur, un radiateur (radiateur 2) et deux réflecteurs (réflecteur et radiateur 1). Une telle antenne a été réalisée par Trio de Grisville (U.S.A.). On peut la calculer de la manière suivante :

Soit f_0 le milieu de la bande totale comprenant les deux canaux voisins à recevoir et λ_0 la longueur d'onde correspondante. Les dimensions sont données ci-dessous :

Longueur	réflecteur	0,541 λ_0
»	radiateur 1	0,51 λ_0
»	radiateur 2	0,435 λ_0
»	directeur	0,415 λ_0
Écartement	A	0,163 λ_0
»	B	0,141 λ_0
»	C	0,121 λ_0

Avec ces données on obtient une courbe globale du gain en fonction de la fréquence, comme celle de la figure 2. Le gain varie entre 8 et 10 dB environ avec des maxima pour f_b et f_c et un minimum à f_0.

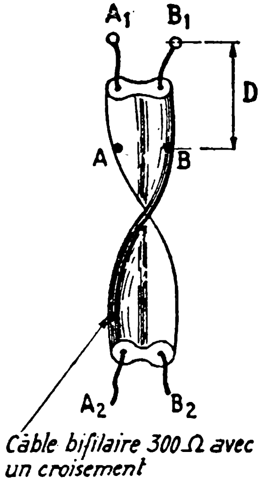


Fig. 3

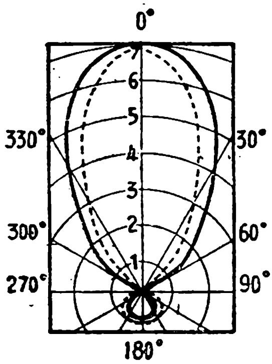


Fig. 4

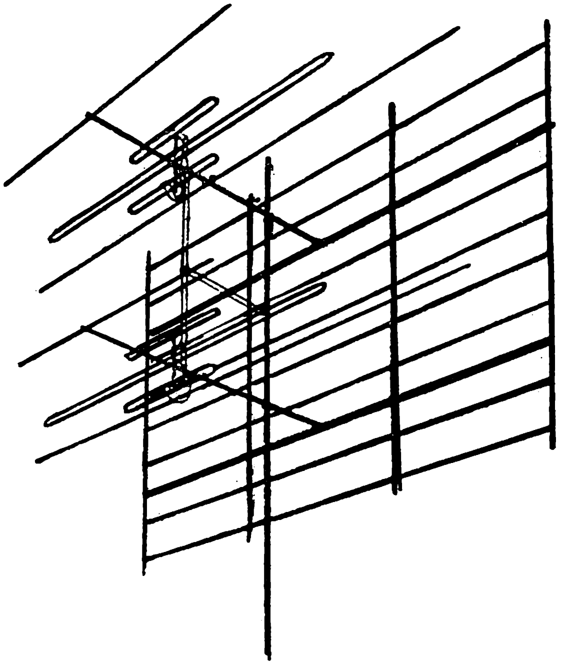


Fig. 5

Ces fréquences sont données en fonction de f_o par les relations f_a = 0,85 f_o, f_b = 0,92 f_o, f_c = 1,05 f_o, et f_a = 1,13 f_o. Exemple : soit à recevoir Strasbourg et Lille. La bande totale s'étend de 164 MHz jusqu'à 185 MHz environ. Le milieu de la bande est 175 MHz environ. Prenons donc f_o = 175 MHz d'où :

$$\lambda_a = \frac{300}{175} = 1{,}71 \text{ m}$$

Il n'y a aucune difficulté à calculer les dimensions. On a, par exemple :

Longueur radiateur l = 0,51 . 1,71 = 0,87 m.

La courbe de la figure 2 se gradue en fréquences comme suit : f_a = 149 MHz, f_b = 161 MHz, f_o = 175 MHz, f_c = 184 MHz et f_d = 197 MHz.

L'adaptation s'effectue en donnant des valeurs convenables aux diamètres des tubes coupés et non coupés des radiateurs. Si d_1 est le diamètre des tubes coupés au milieu et d_2 celui des tubes non coupés et 2 S la distance d'axe en axe des tubes non coupés d'un radiateur, on prendra d_2/d_1 = 1,66 et 2 S = 8 d_1. Avec ces valeurs, on obtiendra une résistance d'antenne de 300 Ω en connectant les points de branchement des radiateurs comme le montre la figure 3. Aux points A_1B_1 et A_2B_2 on connecte un câble bifilaire de 300 Ω que l'on croise une seule fois. La distance D = 0,0477 λ_o dans notre exemple D = 0,0477 . 1,71 = 74 mm. Ceci pour un câble de 300 Ω et une entrée de récepteur de 300 Ω.

Pour 75 Ω on connectera un câble adaptateur quart d'onde calculé pour λ_o et dont l'impédance sera de 150 Ω entre les bornes AB et le câble de descente d'antenne de 75 Ω.

Il est évidemment facile de réaliser cette antenne en plusieurs étages identiques ce qui fera gagner environ 3 dB chaque fois que l'on doublera le nombre des étages. Ainsi avec 4 étages on obtiendra 10 + 3 + 3 = 16 dB environ.

L'adaptation se fera suivant les règles classiques en se basant sur la fréquence f_o.

L'orientation devra s'effectuer mécaniquement ou électriquement pour chaque émission. Le diagramme de directivité est donné par la figure 4. La courbe en traits pleins corespond à f_1 et en pointillés à f_2.

Le rapport de gain avant-arrière est de 17 dB environ.

E. — Antenne tripôle du Dr Yuen T. Lo

Cette antenne a été réalisée par le Dr Yuen T. Lo, ingénieur de « Channel Master Co ». Cette maison la construit sous le nom d'antenne Champion.

L'aspect de cette antenne est donné par les figures 5 et 6.

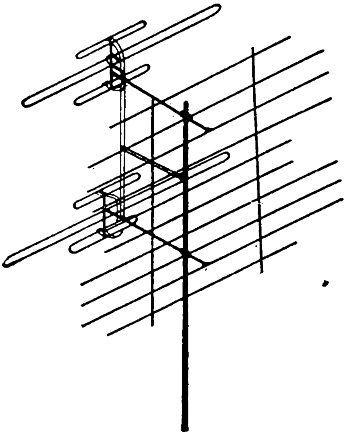


Fig. 6

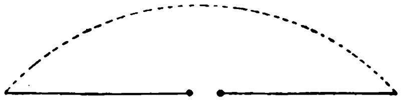


Fig. 7

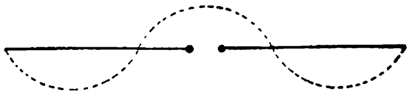


Fig. 8

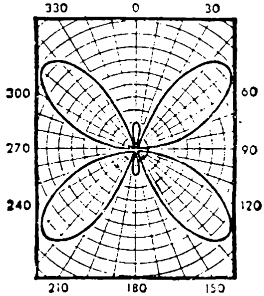


Fig. 9

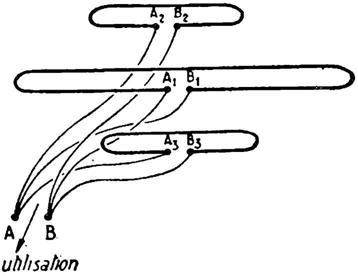


Fig. 10

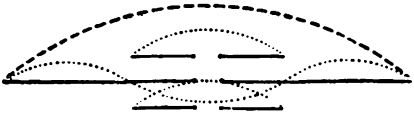


Fig. 11

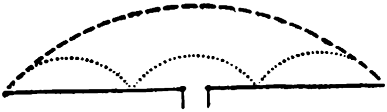


Fig. 12

Considérons d'abord un seul étage. Celui-ci se compose d'un radiateur replié de grandes dimensions auquel on a adjoint deux autres radiateurs trois fois plus courts placés au-dessus et au-dessous du premier (figure 6).

Derrière chaque ensemble de trois radiateurs (d'où le nom de tripôle) on a monté un réflecteur composé de plusieurs tubes horizontaux d'inégale longueur, placés tous dans un plan vertical.

L'antenne du Dr Yuen T. Lo peut recevoir les deux bandes VHF : la bande basse et la bande haute. C'est donc une véritable antenne toutes ondes. Comme nous l'avons expliqué précédemment son fonctionnement est basé sur le fait que les fréquences de la bande haute sont les troisièmes harmoniques des fréquences de la bande basse.

Un radiateur ayant une longueur égale à environ $\lambda/2$, λ correspondant au milieu de bande basse, aura une distribution de courant, à la fréquence $f = \frac{300}{\lambda}$ comme le montre la figure 7. Lorsque ce même radiateur reçoit une émission à la fréquence 3 f, la distribution de courant est celle indiquée par la figure 8.

Le diagramme de directivité à la fréquence f est bien entendu celui d'une antenne demi-onde, c'est-à-dire se composant d'un lobe dirigé vers l'émetteur.

Pour la fréquence 3 f il y aura quatre lobes comme on le voit sur la figure 9. Il y a trois radiateurs demi-onde (pour 3 f) montés bout à bout mais dont celui du milieu est en opposition de phase.

L'idéal serait que les trois radiateurs demi-onde à la fréquence 3 f, soient en phase.

Ceci a été obtenu en montant deux radiateurs supplémentaires comme on l'a vu sur la figure 6 et dont le branchement au radiateur principal est montré par la figure 10. Les deux petits radiateurs sont montés en parallèle et en phase. Le grand radiateur est réuni aux points de jonction AB, par des fils croisés ce qui inverse la phase.

La figure 11 montre l'addition des courants obtenue par ce branchement : le courant de l'un des petits radiateurs annulle celui du tiers médian du grand radiateur. Le courant de l'autre petit radiateur s'ajoute et comme il est en phase avec celui des deux tiers extrêmes du grand radiateur, on obtient finalement l'équivalent de trois radiateurs bout à bout (colinéaires) et en phase. Ceci est visible sur la figure 12. Sur les deux dernières figures le courant correspondant à la fréquence f (bande basse) est représenté en gros traits interrompus (bande basse = bande I, bande haute = bande III).

Le réflecteur est du type apériodique et l'ensemble des barres constitue une surface. Il apporte un gain de 7 dB. L'antenne représentée sur la figure 6 comportant deux étages, possède un gain total de 11 dB sur toute la bande III et de l'ordre de 7,5 dB pour la bande I. Avec 2 étages les gains montent respectivement à 14-15 dB et 10-10,5 dB.

Le diagramme de directivité comporte un seul lobe dirigé vers l'émetteur, comme on le voit sur la figure 13.

Chacun des dipôles présente une résistance de 300 Ω. A partir du point de réunion on dispose un transformateur quart d'onde (pour l'onde de la bande basse) qui adapte l'antenne à l'entrée du téléviseur.

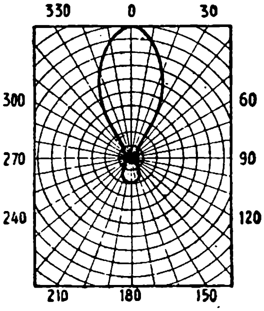


Fig. 13

L'antenne de la figure 5 comporte des éléments directeurs qui augmentent le gain (7 à 9 dB bande basse et 12 à 13 bande III, avec deux étages) et améliorent encore bien entendu la directivité.

CHAPITRE XXI

ANTENNES TOUTES DIRECTIONS

A. — Antennes tripôle en étoile

On part d'un dipôle à éléments à 180° qui est bidirectionnel et à un diagramme en forme de huit. Si l'on réduit l'angle à 120°, on obtient une antenne en V dont la réception maximum est du côté V. Comme l'angle est de 120° on peut monter trois éléments comme indiqué sur la figure 1. En connectant le câble à deux éléments on reçoit le mieux de la direction opposée à l'élément non utilisé, ce qui permet, à l'aide de trois positions de commutateur, de recevoir de 3 directions faisant 120° entre elles.

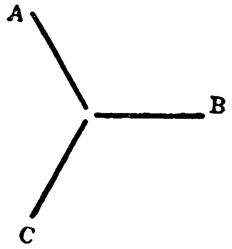


Fig. 1

Une autre combinaison est possible : une extrémité du câble est reliée à un élément et l'autre aux deux autres réunis. Cela donne encore 3 positions de commutateur, permettant d'obtenir des antennes équivalentes à des dipôles normaux bidirectionnels, la direction étant la perpendiculaire à l'élément unique connecté à un fil de câble. En tout on obtient ainsi 9 directions, ce qui suffit largement en pratique.

Les éléments rectilignes peuvent être remplacés par tous autres éléments de radiateur : des V, des éléments à trois branches, des éléments repliés, des triangles (voir respectivement figures 2, 3, 4 et 5).

Le gain peut être augmenté en prévoyant plusieurs étages comme dans les antennes des figures 3 et 5.

Les dimensions sont indiquées sur la figure 5 ainsi que le dispositif à commutation à 3 positions seulement. Pour les six autres, il est facile d'imaginer le commutateur, forcément plus compliqué.

Comme antenne pour une seule émission on tiendra compte des dimensions de la figure 5 en réduisant la longueur des « pôles » de 5 %.

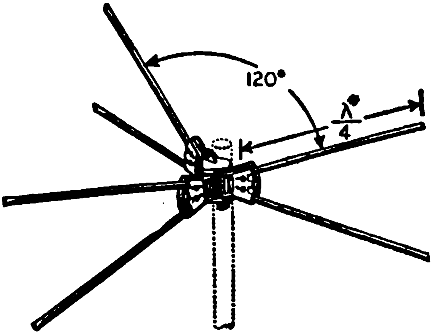
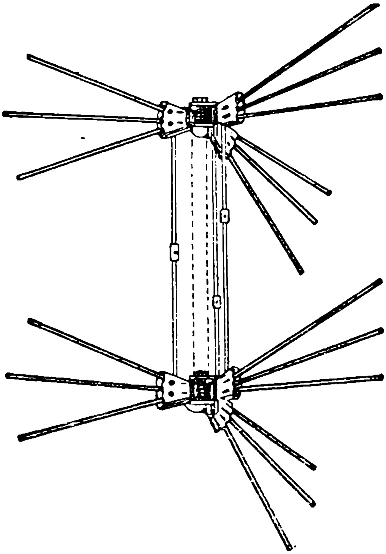


Fig. 2



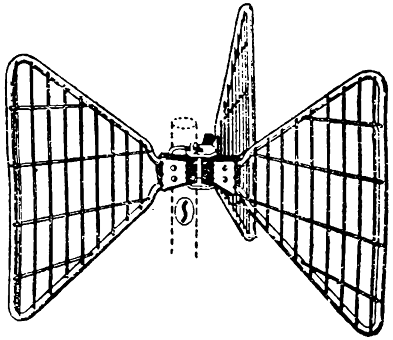


Fig. 4

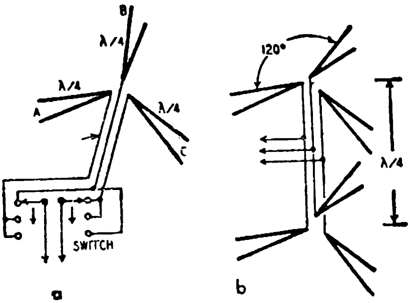


Fig. 3 Fig. 5

Comme antenne toutes ondes on calculera les dimensions pour la fréquence de l'ordre de 60 MHz. De cette façon l'antenne fonctionnera en 1/2 onde sur la bande I 40 à 80 MHz et en 3/2 onde sur la bande 120 à 240 MHz. Elle sera d'ailleurs beaucoup plus sensible sur la bande haute grâce à ses dimensions 3 fois plus grandes.

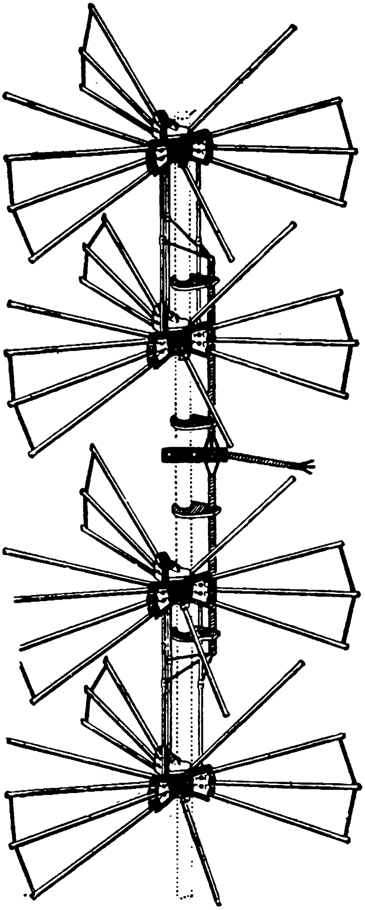


Fig. 6

Cette antenne a été créée et étudiée pour Snyder (Philadelphie, U.S.A.). Un modèle à quatre étages est indiqué sur la figure 6 sur laquelle on peut déterminer les dimensions en considérant que la longueur d'un élément avec f = 60 MHz est de 125 cm environ, valeur nullement critique.

Cette antenne possède trois éléments à un seul tube qui servent, deux par deux, de réflecteurs. Ils sont environ 10 % plus longs que les éléments radiateurs.

Le gain de ces antennes peut atteindre 16 dB dans la bande haute et avec quatre étages à radiateurs et réflecteurs.

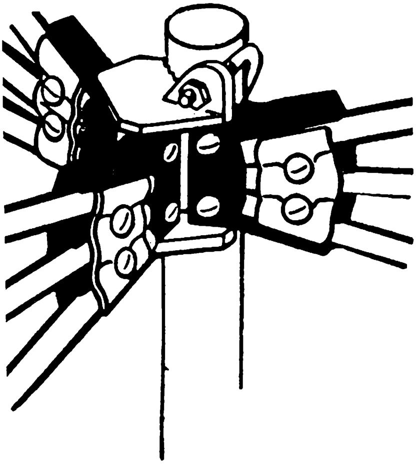


FIG. 7

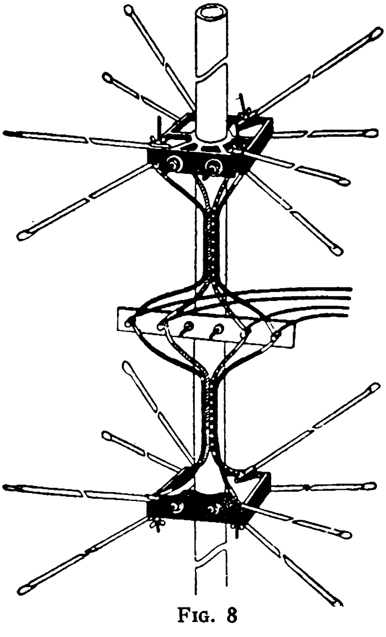


FIG. 8

L'impédance est de 300 Ω. Le détail du montage des éléments est indiqué sur la figure 7.

B. — Antennes à quatre pôles

Cette antenne est basée sur le même principe que la précédente mais il y a quatre éléments montés en croix au lieu de trois.

La figure 8 donne son aspect, les tubes n'étant représentés que partiellement.

Chaque élément est un V à deux tubes placés dans un plan vertical. Il y a quatre V par étage et le modèle « Al Channel Antenna Corp » comporte 2 étages, de même que celui de « Philco ». Les dimensions des pôles sont les mêmes que dans le cas précédent : 1/4 d'onde pour f = 60 MHz. Son constructeur indique un gain de 22 dB pour le maximum de sensibilité.

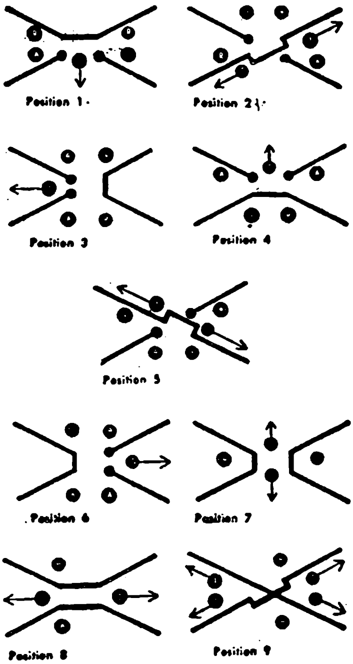


FIG. 9

De très nombreuses combinaisons sont possibles comme on le voit sur la figure 9 qui représente les quatre pôles d'un seul étage : Pos. 1, 3, 4, 6 : dipôles avec réflecteur ; Pos. 2 et 5 : dipôle bidirectionnel ; Pos. 7 et 8 : dipôle en V V ; Pos. 9 : omnidirectionnelle. Les pôles sont en réalité à angle droit.

On utilise un commutateur spécial à 9 positions. Les connexions sont visibles sur la figure 8. Un câble spécial à quatre conducteurs relie la plaquette du milieu de l'antenne au commutateur placé près du téléviseur.

L'espacement entre étages dépend du canal que l'on veut favoriser. Le tableau I indique le gain en fonction de la bande d'accord, en supposant que le commutateur a été placé dans la position la plus favorable à la réception du canal choisi, ceci étant valable pour un seul étage.

TABLEAU I

Bande		Gain en dB
(1)	54- 60 MHz	7,8
(2)	60- 66	14
(3)	66- 72	6,7
(4)	76- 82	— 1,7
(5)	82- 88	16,3
(6)	174-180	2,5
(7)	180-186	6
(8)	186-192	9,6
(9)	192-198	12,1
(10)	198-204	10,8
(11)	204-210	15
(12)	210-216	12,8

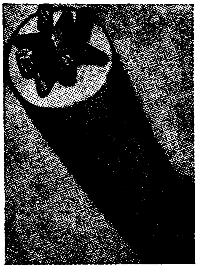


FIG. 10

Ayant choisi la bande à favoriser, on établit l'espacement suivant le tableau II.

Le commutateur se connecte comme indiqué au tableau III :

Chaque commun du commutateur est désigné par A, B, C, D. Il y a quatre galettes à 9 positions.

Les pôles de l'antenne sont I à IV en désignant par I l'un d'eux, II, le suivant et ainsi de suite.

Pour se faire un idée des dimensions signalons que les pièces carrées en matière isolante ont un côté de 30 cm environ, distance entre deux bornes du carré : 10 cm environ, distance entre les six bornes de la plaquette du milieu, de gauche à droite : 5,5, 10, 5,5 cm. L'angle des V constituant un pôle est de 35° environ. L'impédance est de l'ordre de 300 Ω. Nous n'avons pas d'autres renseignements sur ces antennes La figure 10 montre une coupe du câble à quatre conducteurs avec 300 Ω entre deux conducteurs quelconques. Remarquons que ces deux antennes à commutateurs reçoivent les UHF parfaitement bien en antennes $n\lambda/2$.

TABLEAU II

	Espacement en centimètres						
	90	115	158	205	250	270	305
1	18,8	6,5	5,8	8,4	2,5	21	7,4
2	3,5	14,3	2,2	15,5	8	19	17
3	7,4	6	9,6	13	9,5	7,4	13,4
4	17,3	— 6	— 1	10,5	— 4,5	22,3	2,5
5	0	18,6	— 2	21,3	17	0	21,5
6	— 1,3	6,7	1,5	3	6	6	8,5
7	6	8,5	— 4	14	2	8,2	17,3
8	8,4	18,2	10,3	— 2	4	10,4	16,2
9	11,5	18,1	4	1,6	1	11,5	12,1
10	13	13,2	15,4	10	10	14	14,8
11	12,5	14,3	7	6	7	14,1	15,6
12	13	14,5	15,5	6	3,7	14,3	10,5

L'inclinaison en avant des pôles augmente la directivité et le gain.

C. — Antennes dites coniques

Ces antennes se composent de dipôles généralement accordés sur la bande I : 60 MHz et par conséquent résonnant en $3\lambda/2$ sur la bande III. Ce sont donc des antennes tous canaux pour la TV mais unidirectionnelles.

La longueur de chaque pôle est de 1,25 m environ.

Les pôles comportent deux ou trois tubes chacun : figure 11 antenne JFD à trois tubes et réflecteur droit figure 12 même antenne avec quatre étages. De nombreuses possibilités sont offertes avec les antennes « coniques » dites aussi « Fanned Antena ».

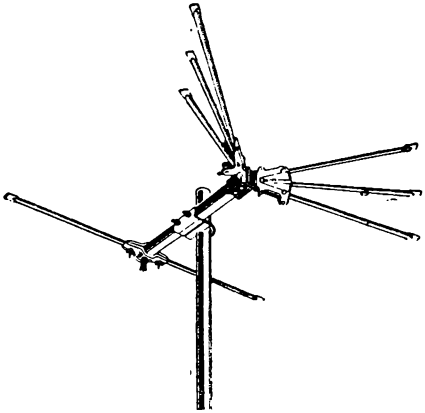


Fig. 11

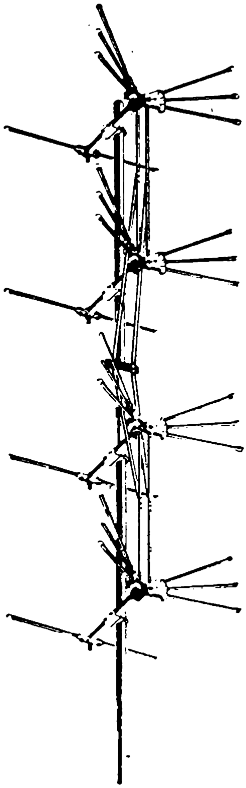


Fig. 12

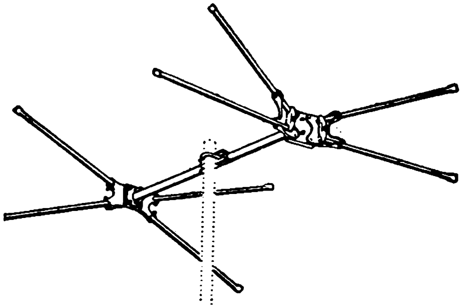


Fig. 13

TABLEAU III

Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Commun									
A	B	II	II	C	D	D	D	B	D
B	—	D	C	D	II	II	C	I	D
C	I	I	—	1	—	I	D	I	I
D	II	—	I	—	I	—	II	II	II

La distance entre dipôle et réflecteur est $\lambda/2$ environ. Le réflecteur droit peut être remplacé par un réflecteur ayant la même forme que le radiateur (figure 13) comme l'antenne RMS et il en existe avec pôles à trois tubes.

Une autre réalisation c'est l'antenne « end-fire » qui se compose de deux dipôles l'un *derrière* l'autre (figure 14 antenne JDF à angle du V variable, figure 15 antenne RMS en quadruple V).

Ces antennes sont très répandues dans certains pays en raison de leurs performances et de la simplicité de leur fabrication. La plupart sont démontables ou repliables et peuvent être expédiées sans emballages de dimensions excessives.

D. — Calcul des antennes « coniques » ou « fan »

Considérons la figure 16. La distance AB sera inférieure à 2 $l/20$. Le tube du milieu est quelquefois moins long que les deux autres. Les V de chaque pôle font un angle φ et les deux pôles font angle ψ (voir *fig.* 17).

On a :

$$2\,l = 0{,}95\ \lambda/2$$

Le diamètre minimum des tubes est environ 1 000 /f mm avec d en mm et f en MHz.

La résistance de l'antenne en AB est de 300 Ω lorsque $\varphi = 40°$. Si $\varphi = 0°$ on obtient une antenne dipôle rectiligne et $R_a = 72\ \Omega$. On peut établir la formule empirique $R_a = 5{,}7\ \varphi + 72$.

En général φ est supérieur à 15°.

Le gain augmente avec φ.

Le diagramme de directivité est un huit lorsque $\psi = 180°$. Pour $\psi < 180$ le lobe du côté de ψ augmente et l'autre diminue. Il va de soi que ψ est du côté émetteur. On augmente encore le gain en montant un réflecteur ou deux radiateurs en système « broadside » (étages superposés comme sur figure 12 ou « end-fire » comme on le voit sur les figures 14 et 15). L'antenne peut aussi fonctionner en pleine onde et l'on gagne 4 dB par rapport à la réception de la même antenne en demi-onde. Sa résistance est trois à quatre fois supérieure à celle de l'antenne demi-onde.

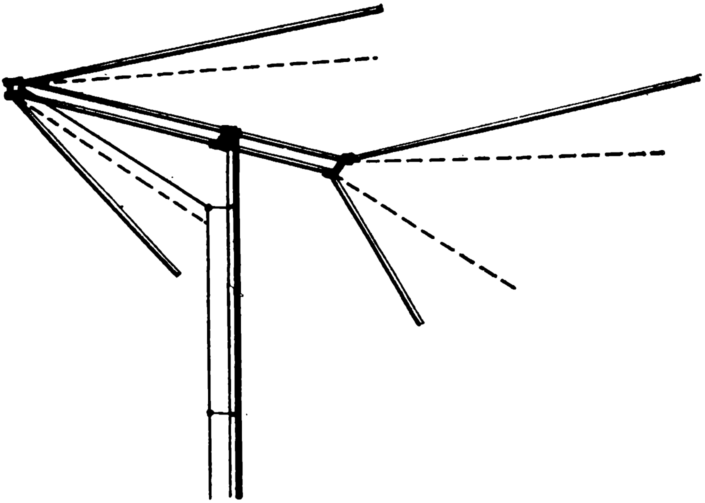


Fig. 14

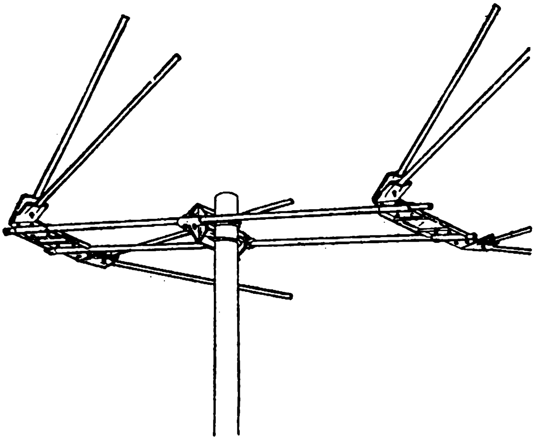


Fig. 15

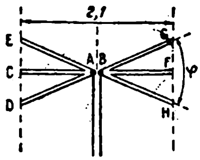


Fig. 16

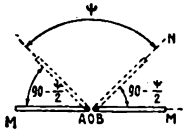


Fig. 17

Voici quelques indications sur l'antenne toutes ondes réalisée par des fabricants réputés (J.F.D., Channel Master, etc). Antenne fonctionnant en $\lambda/2$ et $3\ \lambda/2$. Dimensions en $\lambda/2$ calculées pour $f = 60$ MHz généralement.

On prend $\varphi = 40°$, $\psi = 110°$. Avec $f = 60$ MHz on a $2l = 2{,}375$ mètres

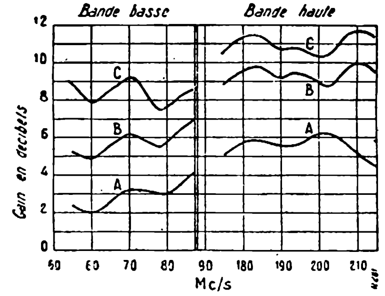


Fig. 18

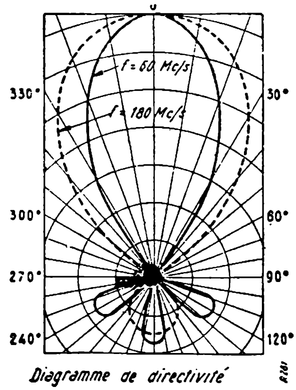


Fig. 19

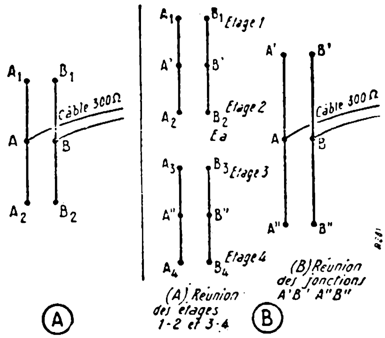


Fig. 20

La figure 18 indique le gain par rapport à l'antenne dipôle dimensionnée chaque fois à la fréquence considérée. Le diagramme de directivité est donné figure 19. Les antennes mesurées sont : A = antenne figure 11, B antenne à deux étages comme A, C = antenne à quatre étages figure 12.

La distance radiateur-réflecteur est de $\lambda/2$ environ.

La distance entre deux étages est du même ordre.

Lorsque les étages sont distants de $\lambda/2$ on peut établir des quart-d'onde adaptateurs d'impédance effectuant en même temps les liaisons entre étages. Exemple : on part de R_a = 300 Ω par étage (voir figure 20 A) et il y a deux étages. On désire obtenir 300 Ω au points AB. Les adaptateurs $\lambda/4$ auront une impédance $Z = \sqrt{600 \cdot 300} = 425\ \Omega$.

Pour adapter à 75 Ω on aura $Z = \sqrt{300 \cdot 150} = 210\ \Omega$. Dans le cas de quatre étages on adoptera la disposition de la figure 20 B. Pour adapter à 75 Ω par exemple : $A_1 B_1$ — $A_2 B_2$ et $A_3 B_3$ - $A_4 B_4$ lignes de 300 Ω.

Ensuite : A' B' et A" B" vers AB avec deux câbles d'égale longueur quelconque de 150 Ω.

Pour adapter à 300 Ω : $A_1 B_1$ - $A_2 B_2$ et $A_3 B_3$ - $A_4 B_4$ par ligne de 425 Ω ensuite A' B' — A" B" par ligne de 600 Ω. On a 300 Ω aux points AB.

E. — Adaptation des antennes coniques

La résistance de l'antenne décrite est de 300 Ω environ avec le réflecteur en place

CHAPITRE XXII

PREAMPLIFICATEURS

A. — Préamplificateurs d'antenne pour TV *

Il va de soi que les amplificateurs d'antenne présentent un intérêt identique en TV noir et blanc et en TV couleurs ; aussi, ce qui est exposé ci-après peut intéresser tous les techniciens et utilisateurs de la TV.

En TVC toutefois, il y a toujours intérêt à obtenir un signal HF intense et, surtout, affecté le moins possible de signaux parasites.

Le moyen le plus sûr pour atteindre ce résultat est de réaliser, avant tout, la meilleure antenne possible, c'est-à-dire remplissant les meilleures conditions concernant le gain, la directivité et le compromis entre la largeur de bande et la sélectivité.

Lorsque plusieurs émissions sont recevables, il est toujours préférable de prévoir une antenne pour chaque émission si l'on veut obtenir le maximum de rapport entre le signal utile et les signaux indésirables.

Après avoir épuisé toutes les possibilités dans l'établissement de la meilleure antenne, la solution suivante est le préamplificateur pour améliorer encore la réception TV.

Le choix des types de préamplificateurs (ou amplificateurs) d'antenne TV n'est pas indifférent.

Les résultats obtenus doivent évidemment se caractériser en premier lieu par un gain de puissance, supérieur à 1, mais il faut aussi que le montage d'un amplificateur d'antenne ne détériore pas la qualité du signal fourni par celle-ci. Sa présence peut même améliorer les signaux qui parviennent aux récepteurs d'une installation collective ou d'une installation individuelle dont l'antenne est éloignée du récepteur.

B. — Emplacement des préamplificateurs

Depuis les bornes de l'antenne jusqu'à l'entrée « antenne » d'un téléviseur, il y a un grand nombre d'emplacements pour disposer le préamplificateur convenable dans le circuit de transmission des signaux.

Deux emplacements sont toutefois à considérer tout particulièrement :

1° près de l'antenne,

2° près du récepteur.

Dans chacun de ces cas on trouve aisément les inconvénients et les avantages.

(*) Lorsqu'on utilise un préamplificateur pour plusieurs canaux couvrant une bande B il faut que l'antenne ait une bande égale à B.

Si le préamplificateur est placé près du téléviseur, il est facile à installer par l'utilisateur, son alimentation ne pose aucun problème, le dispositif est susceptible d'être amélioré ou remplacé par un autre, il peut être réglé avec précision par l'utilisateur.

L'inconvénient majeur de cette disposition du préamplificateur proche du téléviseur, est que si un gain peut être obtenu, la qualité du signal ne peut être améliorée. En effet, lorsqu'un signal relativement faible est fourni par l'antenne au système de transmission, il peut recueillir des signaux parasites qui seront appliqués au téléviseur ou à son préamplificateur, en même temps.

Ainsi, si P_U est la puissance du signal utile et P_P celle du signal indésirable, la qualité peut se caractériser par le rapport P_U/P_P. Supposons que l'on ait $P_U/P_P = 20$.

Passons au deuxième cas où l'emplacement du préamplificateur est près de l'antenne. Soit N le gain de puissance fourni, par exemple $N = 10$ fois. La puissance du signal à transmettre par câbles jusqu'aux téléviseurs est NP_U, tandis que le signal parasite recueilli reste sensiblement le même : P_P. Le rapport de qualité est par conséquent NP_U/P_P, donc N fois supérieur.

En pratique, le montage d'un préamplificateur à proximité de l'antenne se heurte à certains inconvénients : son installation doit être effectuée par un spécialiste ; il est impossible à l'utilisateur de monter sur le toit pour manipuler le dispositif, notamment pour l'accorder. L'alimentation du préamplificateur pose des problèmes.

Disons tout de suite que la technique actuelle permet de supprimer la majeure partie des inconvénients signalés.

En effet, l'emploi des transistors simplifie considérablement le problème de l'alimentation. Les préamplificateurs peuvent être alimentés en permanence sans inconvénient, car la consommation est minime et la durée de vie de transistors (bien utilisés) très grande.

Reste le problème du réglage. Il va de soi qu'il faut choisir entre deux solutions :

1° Pas de réglages.

2° Réglages à distance.

La première solution doit être adoptée dans le cas d'une installation collective, ceci est évident. La deuxième intéressera les très nombreux utilisateurs possédant une antenne individuelle, ou plutôt plusieurs, étant donné qu'actuellement nombreux sont ceux qui ont monté sur leur toit au moins 2 antennes (VHF et UHF).

C. — Accord à distance

Le préamplificateur étant installé à proximité de l'antenne devra être accordable, tout comme le tuner UHF ou le tuner VHF, si l'on a la possibilité de recevoir plusieurs canaux dans chaque bande.

Le cas le plus complexe est celui où l'on peut recevoir deux ou plusieurs canaux dans les bandes I et II (VHF) et la bande UHF, soit 3 préamplificateurs au maximum.

Soit le cas pratique d'un utilisateur pouvant recevoir un seul canal en bande VHF I, un en bande III et un en bande UHF.

Il faudra des préamplificateurs à accord fixe pour les bandes I et IV-V et un préamplificateur à accord variable effectué à distance pour la bande III.

Bien entendu, l'accord à distance s'effectuera à l'aide de *diodes à capacité variable* dont la capacité sera modifiée en faisant varier la tension de polarisation inverse

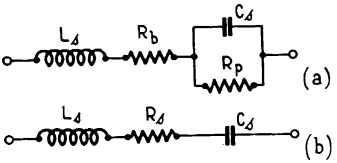
D. — Rappel du fonctionnement des diodes à capacité variable

Une diode à capacité variable peut remplacer, avec certaines précautions de montage, un condensateur variable ou vernier ou ajustable.

Le circuit équivalent d'une diode de ce genre est donné par la figure 1*a* et un circuit simplifié, valable en pratique est indiqué en *b* de la même figure.

Le circuit (*a*) comprend une capacité C_s shuntée par R_p, ce réseau parallèle étant en série avec une résistance R_b et une self-induction L_s.

Si R_p est très grande par rapport à la réactance de C_s à la fréquence de service du circuit, on peut la négliger. Il reste alors le circuit (*b*) de la figure 1.



$$C'_s = \frac{1}{\frac{1}{C_s} - 4\pi^2 L_s f^2} \quad (c)$$

$$R'_s = R_s + j\,2\pi f\,L_s + \frac{1}{j\,2\pi f C_s} \quad (d)$$

Fig. 1

Dans le cas des diodes spécialement étudiées pour fonctionner comme diodes à capacité variable, la présence de L_s et R_s peut être négligée dans un certain domaine de fonctionnement.

La figure 2 donne pour la diode Telefunken BA 121, la variation de L_s, C_s et R_s en fonction de la tension de polarisation inverse appliquée à la diode (+ à la cathode et — à l'anode). En abscisses, on a indiqué les valeurs de la tension de polarisation inverse — U appliquée à la diode. En ordonnées (à droite) : L_s en nH, C_s en pF, et R_s en Ω.

Les courbes correspondantes montrent que L_s se maintient à une valeur fixe de 5 nH = 0,005 μH, R_s reste fixée à 1,2 Ω environ et ne prend une valeur supérieure que pour — U se rapprochant de zéro volt.

Par contre, et ceci nous intéresse tout particulièrement, la capacité C_s varie entre 14 pF (— U = 0) et 4 pF environ (— U = 45 V environ), ceci bien entendu pour la diode considérée. Pour d'autres, on peut obtenir d'autres valeurs de capacité et d'autres gammes de tensions de polarisation inverse.

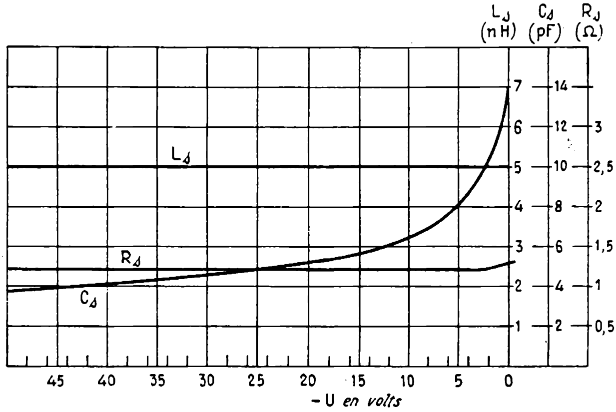


FIG. 2

Pratiquement, on peut voir qu'avec une diode à capacité variable convenablement choisie, le fonctionnement est analogue à celui d'un condensateur variable classique car un composant de ce genre, en raison de ses dimensions et de sa construction présente également une résistance de pertes R_s et une self-induction due à sa forme et aux fils de branchement.

Aux fréquences élevées, L_s agit et la capacité équivalente prend la forme C_s indiquée sur la figure 1*c*, où C_s est la valeur de la capacité aux fréquences basses.

Il est clair que tant que le facteur négatif du dénominateur est petit devant $1/C_s$, on a $C'_s = C_s$. Si f augmente, le dénominateur diminue et C_s augmente.

D'autre part R_s dépend également de f selon la forme (*d*) de la figure 1.

E. — Bandes des pertes

Une autre grandeur qui prend de l'importance lorsque f est élevé (en UHF notamment) est la *largeur de bande* B_o *des pertes* dont la valeur est donnée par la formule :

$$B_o = 6{,}28 \cdot f_o^2 \cdot R_s \, C_s$$

avec f_0 et B_0 en hertz, R_s en ohms et C_s en farads, formule peu habituelle mais dans laquelle l'homogénéité est respectée : en effet R_sC_s est homogène à l'inverse d'une fréquence donc il reste dans chaque membre une fréquence.

La figure 3 permet de déterminer graphiquement la largeur de bande B_0 des pertes, dues à une diode à capacité variable BA 21 avec $C_s = 10$ pF à — 2 V, $L_s = 5$ nH et $R_s = 1{,}2\ \Omega$, pour les fréquences suivantes : 790, 620, 470, 200 et 100 MHz, en fonction de la capacité C_s de la diode de capacité variable.

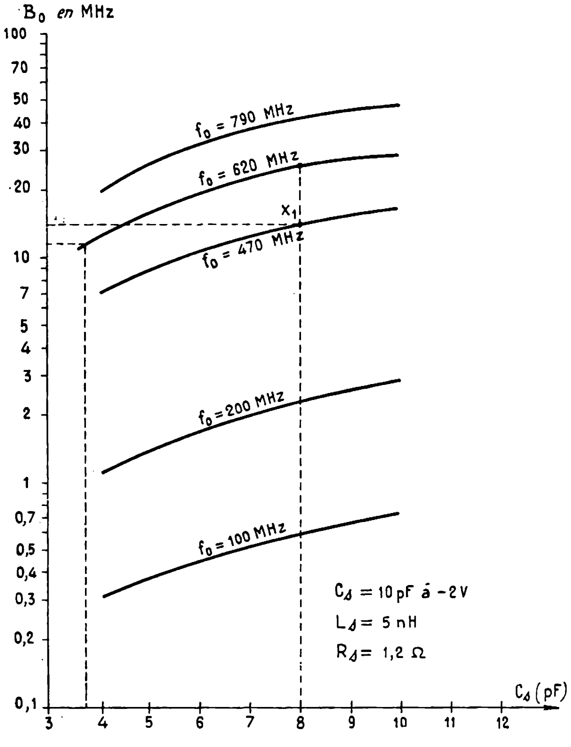


Fig 3

Ainsi, si $C_s = 8$ pF et $f = 470$ MHz, on trouve le point X_1 sur la courbe $f = 470$ MHz dont l'ordonnée est 12 MHz environ.

Pour la même valeur de C_s, mais à $f = 200$ MHz, la valeur de B_0 n'est plus que 2,2 MHz environ.

Lors de l'emploi d'une diode à capacité variable, le calcul préalable de B_0 en fonction de C_s, R_s et f_0 permettra de se rendre compte de la bande minimum pouvant être obtenue avec le circuit d'accord réalisé.

La bande minimum la plus favorable à la réalisation d'un circuit accordé d'amplification est déterminée de façon que la bande passante de la totalité de l'amplificateur soit supérieure (environ 50 %) à la bande du canal à recevoir.

Ainsi, dans le cas des canaux des bandes IV et V les bandes de canaux sont de l'ordre de 8 MHz et on peut admettre des bandes globales d'amplificateurs de l'ordre de 12 MHz; ce qui autorise des bandes plus larges par étage.

Supposons que la bande par étage soit de 15 MHz. Si la bande B_o est trop grande, autrement dit, si la contribution de la diode à l'amortissement est telle que B_o est grande, la bande réelle à laquelle contribueront également d'autres résistances, sera encore plus grande.

On sait que si une bande passante d'amplificateur augmente, on diminue le gain, la sélectivité et aussi le rapport signal/souffle.

On voit que si $f = 200$ MHz, $B_o = 2{,}2$ MHz environ à $C_s = 8$ pF donc, elle laisse une large marge d'augmentation de bande due à d'autres amortissements.

Si l'on se réfère à la courbe $f_o = 620$ MHz, on trouve $B_o = 25$ MHz donc, la bande passante par étage sera supérieure à 25 MHz.

F. — Influence de la température

Les paramètres C_s et R_s varient avec la température, ceci est important lorsqu'un appareil à diodes à capacité variable est placé dans un endroit où la température peut varier comme c'est le cas de l'air libre (toit) ou grenier.

Il y a un avantage à utiliser les diodes à capacité variable avec les valeurs les plus grandes de U, polarisation inverse de la diode, qui correspondent (voir fig. 2) aux capacités les plus faibles.

Ainsi à 15 °C, C_s varie de 0,6 % si U = 4 V, et de 0,9 % si U = 2 V.

R_s varie aussi. Elle augmente d'environ 5 % lorsque la température augmente de 15 °C.

Une compensation de température est possible Remarquons toutefois que la commande de l'accord, effectuée à distance par l'utilisateur, permettra si nécessaire de retrouver l'accord chaque fois que ce sera nécessaire.

Comme règle générale, on indique que la tension de polarisation U ne doit pas descendre au-dessous d'une valeur qui soit au moins le double de la tension alternative de crête maximum appliquée à la diode.

G. — La commande unique

Comme il s'agit d'amplificateurs, on aura affaire à des circuits d'accord à régler sur la même fréquence, choisie vers le milieu de la bande du canal à recevoir.

Le réglage unique avec des *condensateurs variables* identiques et des bobines ayant le même coefficient L est facile. On sait que pour compenser les légères erreurs de valeurs des capacités et de bobinages, il suffit de disposer des réglages indiqués par la figure 4 où l'on suppose que l'amplificateur utilise deux circuits accordés.

Sur le haut de la bande totale de l'amplificateur (par exemple 225 MHz) on accordera les ajustables T_1 et T_2 et sur le bas de la bande totale couverte par l'amplificateur, on réglera les bobinages L_1 et L_2 à l'aide de leurs noyaux.

Ce système se simplifie encore en établissant L_1 et L_2 avec une précision suffisante pour ne pas avoir à les retoucher.

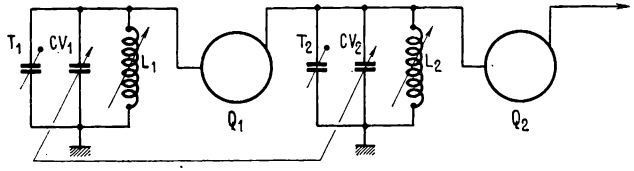


FIG. 4

Dans le cas où les CV sont remplacés par des diodes à capacité variable, il n'est plus possible d'être assuré de l'identité des diverses valeurs des capacités des diodes utilisées et il faut recourir à des artifices pour obtenir le réglage unique correct à l'aide de la variation d'une seule tension de commande.

En premier lieu, on effectuera un tri parmi plusieurs diodes afin de trouver celles possédant des courbes aussi proches que possible. Reste ensuite à faire le nécessaire pour obtenir la coïncidence des accords.

La figure 5 montre des courbes de dispersion d'une diode à capacité variable type BA121.

La courbe A est celle d'une diode donnant le maximum de capacité, la courbe B est celle d'une diode « moyenne » et la courbe C correspond à une diode ayant le minimum de capacité.

Ainsi, si U = 20 V par exemple, la diode A présente une capacité de 6,2 pF environ, la diode B une capacité de 5,1 pF environ et la diode C une capacité de 4,05 pF environ, c'est-à-dire, dans ce cas particulier, des écarts de 1 pF environ, ou, compte tenu des capacités, des écarts de l'ordre de 20 %.

Un moyen simpliste est de disposer des ajustables en parallèle sur chaque diode, mais le procédé manquerait de précision, car il est visible sur la figure 5 que les différences de capacité sont variables selon la valeur de U.

Par contre, les lois de variation des capacités sont identiques et la compensation peut être réalisée en branchant les diodes à capacité plus élevée sur des prises des bobines associées, ou des lignes quart d'onde.

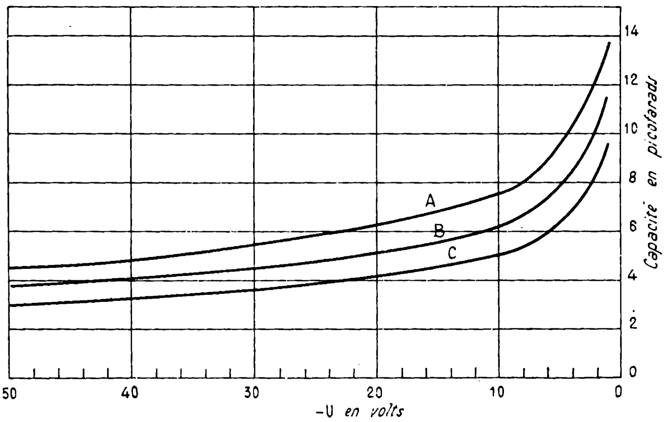


Fig. 5

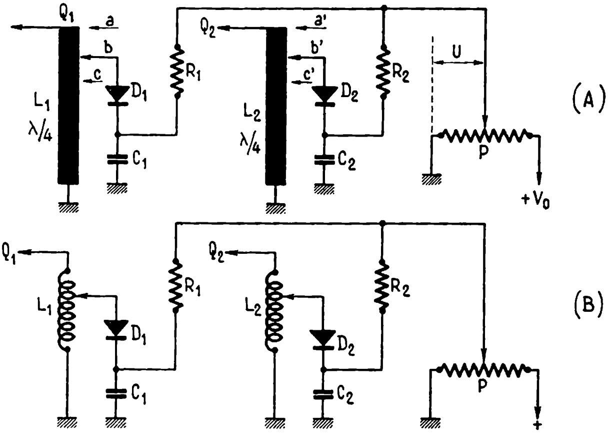


Fig. 6

La figure 6 montre en A un mode de branchement des diodes D_1 et D_2 à capacité variable sur des lignes quart d'onde L_1 et L_2.

Rappelons que le montage est analogue à celui d'un étage HF de tuner UHF où Q_1 est le transistor (non représenté) dont le signal de sortie est pris sur le collecteur. Si Q_1 est un PNP, la ligne quart d'onde L_1 est connectée à l'autre extrémité, à la masse qui représente la ligne négative d'alimentation.

La diode d'accord D_1 est connectée sur le conducteur L_1 (généralement une tige métallique rectiligne ou pliée).

L'anode se trouvera alors au potentiel de la masse donc à zéro volt. La capacité d'accord sera : C_{A1} résultante de la mise en série de la capacité C_{D1} ou D_1 et de la capacité C_1 :

$$C_{A1} = C_{D1} \cdot C_1/(C_{D1} + C_1)$$

Si C_1 est très grande par rapport à C_{D1} (par exemple $C_1 = 1\,200$ pF, alors que le maximum de C_{D1} est de l'ordre de 14 pF), il y aura peu de différence entre C_{A1} et C_{D1} donc C_1 sera considéré comme un court-circuit. En continu toutefois, C_1 isole la cathode de la diode de la masse ce qui permet de polariser cette électrode positivement, par l'intermédiaire de R_1 qui elle, isole la cathode de l'alimentation en alternatif.

Le potentiomètre P est connecté sur une source de tension V_o de sorte que la tension variable U est obtenue entre masse et curseur de P.

Il est clair qu'en tournant ce curseur vers la masse par exemple, la tension de polarisation inverse (+ à la cathode) diminue, donc C_{D1} augmente.

Sur la figure 6A, on montre deux circuits à aligner. Supposons que le point de connexion *b'* de D_2 est fixé sur L_2 et que la capacité de D_2 pour une certaine tension est de 4 pF par exemple. Si l'on fixe D_1 au point *b*, homologue de *b'*, on constate que la capacité est de 5 pF. Il suffira alors d'effectuer une *adaptation* en choisissant un point c plus proche de la masse que *b*.

Le même principe est applicable en VHF à des montages à bobines L_1 et L_2 (voir fig. 6 B), mais le glissement du contact entre diode et la bobine est plus difficile qu'en UHF au point de vue mécanique.

H. — Exemples pratiques

En TV couleur, on ne s'intéresse actuellement en France qu'aux bandes UHF *IV* et *V*, mais il est évident que l'on voudra améliorer aussi, si possible, à l'aide de préamplificateurs, la réception en bandes VHF, I et III, car la plupart des appareils de TVC sont bistandards et peuvent recevoir également, en noir et blanc, les bandes VHF, I et II. De plus, il se peut qu'il y ait ultérieurement des émissions de TVC en VHF et 625 lignes (chaînes 3, 4, 5...).

Nous commencerons, par conséquent, par l'analyse des montages pour les bandes **VHF.**

Le schéma de base des circuits, proposé par Telefunken est représenté par la figure 7. La largeur de bande de cet amplificateur est très grande, les limites étant 20 à 240 MHz, comme le montre la figure 8.

Revenons à la figure 7. Les transistors sont des AF106, PNP et la tension d'alimentation est de 14 V avec le négatif à la masse.

Q_1 est monté en émetteur commun et Q_2 en base commune, ce qui permet une excellente adaptation à l'entrée, aussi bien pour le gain que pour le facteur de souffle..

Q_2 fournit un grand gain. Il est précédé d'un filtre en *pi* composé de L_1 associée aux capacités de sortie de Q_1 et d'entrée de Q_2. Les limites de la bande dépendent de L_1. Dans le présent montage, L_1 a été déterminée pour une fréquence de coupure de 230 MHz environ.

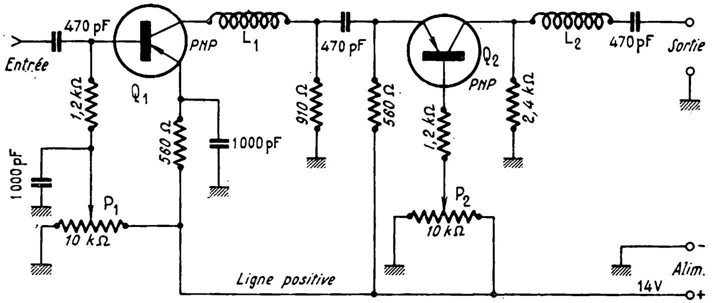


FIG. 7

L'adaptation de sortie est effectuée à l'aide de L_2. Cet amplificateur, représenté à titre indicatif, est peu indiqué pour des signaux faibles, car il recueille les signaux TV, ceux de FM et ceux d'ondes courtes à partir de 20 MHz.

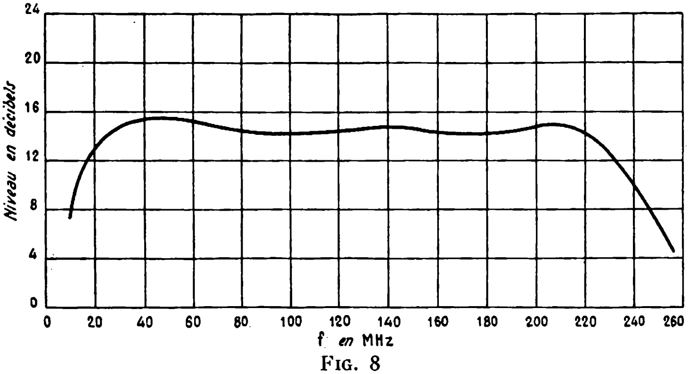


FIG. 8

Le montage sélectif, réalisable à partir de celui apériodique de la figure 7, s'obtient en faisant précéder ce dernier d'un circuit accordé à diode à capacité variable.

I.— Préamplificateur bande I pour TV noir et blanc

La figure 9 donne le schéma d'un préamplificateur convenant à la bande I (48 à 68 MHz). La partie donnant la sélectivité est montée en tête et comprend la diode BA121 avec la résistance de 43 000 Ω reliée à la masse, ce qui définit le potentiel de l'anode de cette diode à capacité variable.

La tension positive à appliquer à la cathode de la diode est transmise par les résistances de 43 000 Ω et 750 000 Ω, cette dernière est reliée au + de la tension de 80 V destinée spécialement à la polarisation inverse de la diode.

Remarquons toutefois que la tension positive au point X_1 est déterminée par le diviseur de tension dont la résistance de 750 000 Ω constitue le bras positif et R + 2 MΩ, le bras négatif.

Remarquons aussi le dispositif ingénieux qui supprime un branchement spécial pour la commande d'accord par variation de tension.

En effet, l'ensemble R + 2 MΩ est monté dans le local de l'utilisateur, par exemple sur le carton arrière du téléviseur d'où l'intéressé peut effectuer le réglage d'accord sur le canal de la bande I, désiré.

D'autre part, la connexion entre X et R est également celle entre le signal amplifié par le préamplificateur et l'entrée du téléviseur ; autrement dit, il s'agit du conducteur intérieur du coaxial de transmission.

Ce conducteur sera toutefois au potentiel du point X_1, c'est-à-dire à + 1 à + 50 V par rapport à la masse à laquelle sera connectée la tresse du coaxial.

La résistance R servira d'isolateur en HF de la sortie du préamplificateur.

Lorsque le potentiomètre P_3 est au minimum de résistance, la tension du point X_1 est au minimum, par exemple 1 V, tandis que si P_3 est au maximum de résistance, la tension du point X_1 est au maximum, de l'ordre de 50 V.

Rappelons que lorsque la polarisation est au maximum, la capacité de la diode est la plus faible et lorsque la polarisation est minimum, la capacité est maximum.

Comme l'arrivée du coaxial du côté téléviseur est sous tension, il est nécessaire d'effectuer à l'arrivée une coupure du continu à l'aide d'un condensateur de l'ordre de 1 000 pF. Nous indiquerons la disposition de ce circuit après avoir analysé les divers préamplificateurs.

J. — Analyse du schéma

Revenons au schéma de la figure 9.

Comme il n'a été prévu qu'un seul circuit accordé, celui d'entrée, aucun problème de réglage unique ne se pose dans ce montage.

La diode est montée en parallèle sur L_1 par l'intermédiaire du condensateur de 1 000 pF isolant l'anode, en continu, afin qu'elle puisse être portée au potentiel de la masse. On ajuste l'adaptation d'entrée à l'aide du condensateur ajustable de 6-40 pF.

Le circuit d'adaptation en *pi* entre Q_1 et Q_2 a été établi pour que la limite supérieure de la bande totale pouvant être couverte, se place vers 80 MHz lorsque le circuit d'entrée est supprimé.

L'adaptation de sortie est réalisée avec L_3. La capacité de 4 pF est branchée en parallèle sur les diverses capacités de sortie du deuxième transistor, Q_2 monté en base commune. Ceci permet d'obtenir à la sortie, un taux d'ondes stationnaires (TOS) inférieur à 4 fois.

Voici quelques indications sur les bobinages. L_1 est une bobine de 9 spires fil de cuivre de 0,5 mm de diamètre sur noyau « M4 laiton » (Telefunken). Spires de 5 mm de diamètre. L_2 et L_3 sont des bobines de 13 spires fil de 0,6 mm de diamètre. Diamètre des enroulements 5 mm.

La bobine L_2 est montée sur carcasse à noyau Telefunken « M4 FRI rouge » ; L_3 n'a pas de noyau.

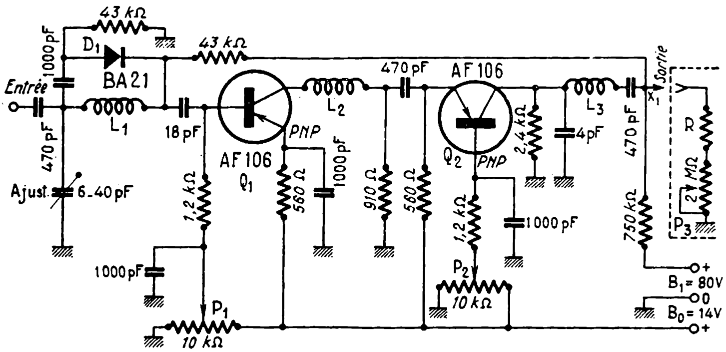


Fig. 9

Au cours de la mise au point, on devra déterminer expérimentalement la longueur de chaque enroulement.

Pour la mise au point des tensions et des courants des deux transistors, on dispose des potentiomètres P_1 et P_2 de 10 000 Ω réglant les tensions des bases des transistors Q_1 et Q_2 respectivement.

Les réglages de ces deux potentiomètres doivent s'effectuer de façon que les courants des collecteurs de Q_1 et Q_2 soient de 2 mA.

Pour mesurer ces courants, on peut utiliser un milliampèremètre intercalé entre la masse et l'extrémité de la résistance de 910 Ω pour Q_1 ou celle de 2 400 Ω pour Q_2. Mais il est plus aisé de ne rien débrancher et de se servir d'un voltmètre à forte résistance.

En effet, on connaît la résistance (910 ou 2 400 Ω) et le courant de 2 mA qui la traverse, donc la chute de tension : $E_1 = R_1I = 910 . 0{,}002 = 1{,}82$ V ou $E_2 = R_2I = 2\,400 . 0{,}002 = 4{,}8$ V. On branchera le + du voltmètre à la ligne + 14 V et le — au collecteur de Q_1 ou de Q_2.

Les potentiomètres P_1 et P_2 peuvent être des ajustables à vis.

K. — Résultats obtenus

Les performances du préamplificateur de la figure 9 sont données par les courbes de la figure 10.

Sur cette figure, les fréquences, de 46 à 68 MHz sont inscrites en abscisses. Il s'agit ici de la fréquence médiane du canal sur lequel on a accordé le préamplificateur à l'aide de la diode commandée à distance.

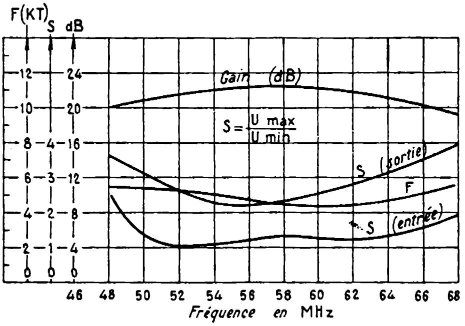


FIG. 10

En ordonnées, on a inscrit, à gauche le facteur de souffle F fonction de K et T_o, au milieu le gain en décibels et à droite le taux d'ondes stationnaires à l'entrée et à la sortie, $S = U_{max}/U_{min}$.

On peut voir que le gain minimum est de 20 dB environ vers 48 MHz et 68 MHz et le gain maximum est de 22 dB environ vers 58 MHz, donc pratiquement à peu près constant.

Lorsque le préamplificateur est accordé sur une certaine fréquence f de la bande I, la largeur de bande est de 15 MHz environ.

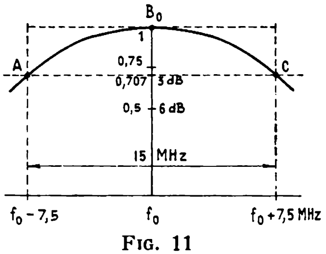


FIG. 11

Ainsi (voir Fig. 11), soit f_o la fréquence d'accord.

Le gain relatif maximum est 1, ce qui correspond à 0 dB d'atténuation.

A $f = f_o - 7{,}5$ MHz, et $f = f_o + 7{,}5$ MHz, le gain relatif est de 0,707 fois, ce qui correspond à une atténuation de 3 dB.

A ce sujet, il faut remarquer que cette largeur de bande de 15 MHz (à 3 dB) est suffisante pour les émissions VHF « européennes » CCIR ou belges à 625 lignes où la différence des porteuses est 5,5 MHz, mais est insuffisante pour les canaux VHF français ou la différence des porteuses est de 11,15 MHz.

Pour augmenter la bande, il faudrait amortir L_1 en le shuntant par une résistance de quelques kΩ, à déterminer expérimentalement.

L. — Préamplificateur pour la bande III

Le schéma d'un préamplificateur pour la bande 175 à 225 MHz environ est représenté par la figure 12.

Dans ce montage, les deux transistors sont des AF106 dont Q_1 est en émetteur commun et Q_2 en base commune. Les circuits d'entrée L_1 et celui de sortie L_3 sont des ensembles LCR parallèle. Seule L_1 est accordée par la diode à capacité variable BA121 dont l'anode est au potentiel de la ligne de masse à travers L et la cathode à la polarisation positive transmise par la résistance de 43 000 Ω du point X_1 dont la tension est variable comme dans le montage en préamplificateur pour bande I décrit plus haut.

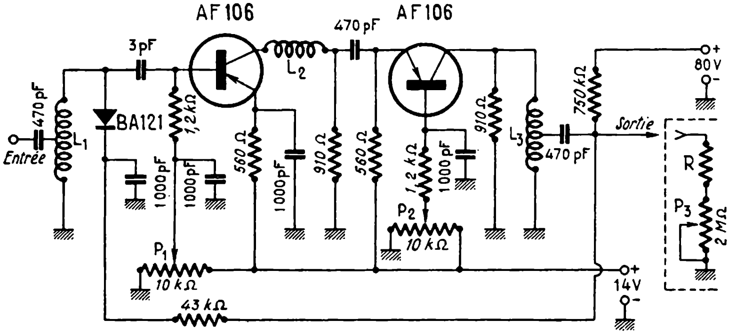


FIG. 12

L'adaptation d'entrée est réalisée par prise sur L_1. Le circuit en *pi* à bobine L_2 a une fréquence de coupure vers 250 MHz. Le circuit de sortie L_3 est à très large bande, accordé sur le milieu de la bande globale, c'est-à-dire vers 195 ou 200 MHz.

Pour obtenir une bande aussi large (de l'ordre de 50-55 MHz), il a fallu amortir L_3 par une résistance de 910 Ω.

Remarquer toutefois que les courants des transistors étant de 2 mA, les réglages des points de fonctionnement s'effectueront avec un voltmètre pour Q_1 et avec milliampèremètre pour Q_2, car le courant traverse, en majorité, la résistance négligeable de L_3. Le mieux est d'effectuer une coupure soit du côté collecteur ou du côté masse de L_3.

Les deux alimentations sont de 80 V et 14 V.

La figure 13 donne les résultats des mesures effectuées sur cet amplificateur, par 4 courbes ayant la même signification que celles du montage bande I.

On voit que le gain augmente avec la fréquence, depuis 17 dB jusque vers 23 dB, le TOS se maintenant vers 8.

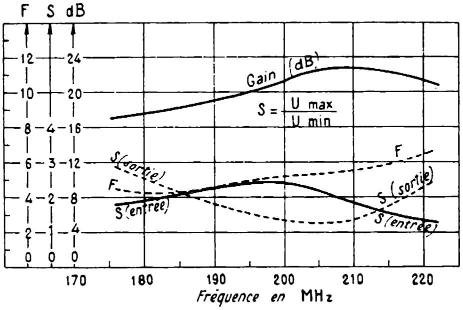


Fig. 13

En ce qui concerne les bobines, L_1 possède 3 spires de fil argenté de 0,8 mm de diamètre avec prise à 0,5 spire (côté masse) diamètre 5 mm, bobinage sur air ; L_2 : 8 spires même fil sur 5 mm de diamètre, mais avec noyau M4FRI rouge ; L_3 comme L_2 mais avec 10 spires et prise à 2 spires à partir de l'extrémité de masse.

La largeur de bande est de 12 MHz. Pour des canaux français il faudrait l'augmenter en shuntant L_1 par une résistance à déterminer expérimentalement.

M. — Augmentation de la largeur de bande

Soit à augmenter la bande du préamplificateur de la figure 12 destiné au canaux de la bande III.

Rien n'est à toucher à la partie qui suit la capacité de 3 pF, car la largeur de bande est de 50 MHz environ. Il s'agit de trouver expérimentalement la valeur de la résistance R à monter aux bornes de L_1 pour que la bande globale pour une position d'accord de la diode soit de 20 MHz environ.

On remarquera que la bande globale dépend de celle du circuit d'entrée qui est seul accordé.

On disposera à l'entrée des préamplificateurs un générateur à sortie de 70 Ω et à la sortie un indicateur.

Le générateur étant accordé sur une fréquence de la bande, par exemple sur 195 MHz on vérifiera d'abord que la bande, avec accord, est de 12 MHz ce qui correspond à une atténuation de 3 dB à 195 — 6 = 189 MHz et à 195 + 6 = 201 MHz.

On shuntera ensuite L_1 par une résistance quelconque de 2 000 Ω, par exemple. On mesurera à nouveau la bande. Si elle est supérieure à 20 MHz, la résistance est trop faible ; si elle est inférieure à 20 MHz, il faudra essayer une résistance plus faible que 2 000 Ω.

On vérifiera que la largeur de bande obtenue à f = 195 MHz ne varie pas trop lorsque f passe d'une extrémité à l'autre de la bande III couverte.

Les essais peuvent être effectués chez l'utilisateur. De même la vérification des qualités du montage peut être également faite près du téléviseur. On fera bien attention à ce que le préamplificateur ne donne pas lieu à une diminution de la définition de l'image ce qui prouverait que sa bande avec accord, est trop faible. Ne pas oublier la réception du son.

N. — Préamplificateur UHF pour TV couleur

Un montage relativement simple est représenté par le schéma de la figure 14, mais la réalisation matérielle procède de la mécanique de précision. L'absence de tout organe mobile simplifie toutefois la construction d'un préamplificateur de ce genre dont l'accord est commandé à distance comme les précédents.

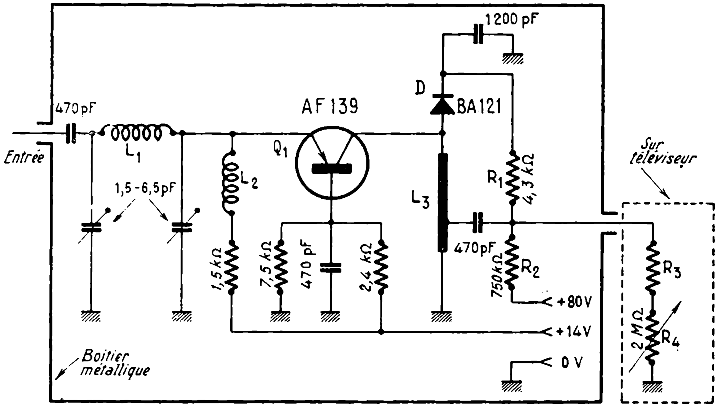


Fig. 14

Il s'agit d'un étage amplificateur UHF à un seul transistor PNP, type AF139 ou une version plus moderne de ce type. Le circuit accordé par la diode à capacité variable BA121 Telefunken, se trouve du côté sortie, c'est-à-dire relié au collecteur, tandis que le circuit d'entrée est à très large bande.

Le transistor Q_1 est monté en base commune. La tension de polarisation de cette base, découplée par 470 pF, est déterminée par le diviseur de tension 7500 Ω - 2400 Ω monté entre + et — de l'alimentation de 14 V.

L'électrode d'entrée est l'émetteur. Celui-ci est polarisé par la résistance de 1 500 Ω reliée à la ligne + 14 V, par l'intermédiaire de la bobine L_2.

Le collecteur est mis au potentiel de la masse (négatif de l'alimentation de 14 V) à travers la tige L_3 constituant le conducteur de la ligne quart d'onde dont le conducteur extérieur est le boîtier.

On voit qu'à l'entrée on a disposé un filtre en *pi* qui est visiblement du type passe-bas, la fréquence de coupure (la plus élevée) étant de 606 MHz environ, ce qui limite à cette fréquence les possibilités de ce préamplificateur.

A la sortie on trouve L_3 accordée par la diode à capacité variable selon le procédé indiqué précédemment.

La tension d'alimentation de la diode est de 80 V, réduite par un diviseur de tension et réglable par la résistance variable de 2 MΩ disposée avec R_3 près du téléviseur.

Pour la bobine d'entrée, on utilisera du fil de 0,6 mm de cuivre pour constituer une spire de 4 mm de diamètre.

La bobine d'arrêt L_2 peut être réalisée avec quelques spires du même fil sur 4 mm de diamètre sur air.

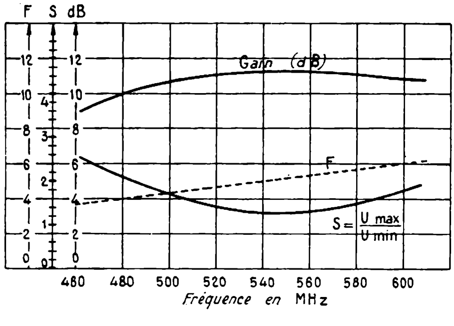


Fig. 15

Reste le circuit quart d'onde qui, comme on l'a expliqué plus haut est du type asymétrique. L'impédance de ce circuit est Z = 200 Ω, court-circuit du côté opposé au collecteur. Le condensateur de 1 200 pF met à la masse, en HF, la cathode de la diode à capacité variable.

Les résultats des mesures effectuées sur ce montage sont représentés par les courbes de la figure 15.

On voit que le gain de puissance est de 10 dB environ, le facteur de bruit est 3,9 à 6 et $S \leqslant 2,4$.

Le courant de collecteur de Q_1 est de 3 mA.

O. — Préamplificateur UHF à deux circuits accordés

Le schéma de ce préamplificateur est donné par la figure 16. Comme le précédent, ce montage nécessite une construction mécanique de précision en raison des lignes quart d'onde et des emplacements et longueurs critiques des connections.

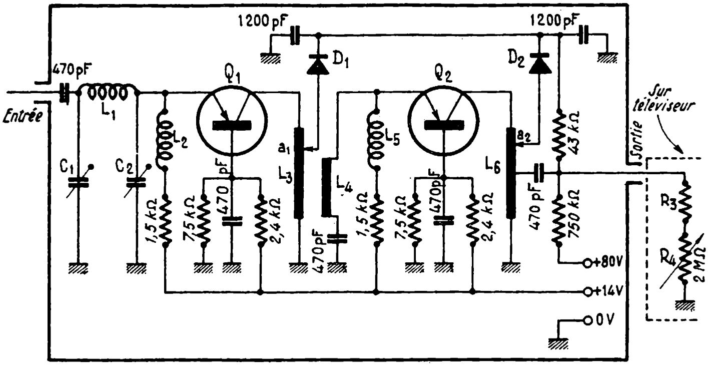


Fig. 16

A peu de choses près ce montage est à deux étages analogues à ceux du précédent.

Nous donnerons des indications sur les points particuliers de ce préamplificateur.

A la sortie de Q_1, sur le collecteur de ce transistor monté en base commune, on trouve le conducteur L_3 de la ligne quart d'onde accordée par la diode à capacité variable D_1 selon le procédé habituel. L'anode de D_1 n'est pas connectée au sommet de L_3, mais sur une glissière permettant de trouver le point d'alignement.

Le fil L_4 est parallèle à L_3, ce qui constitue un couplage permettant de transmettre le signal amplifié par Q_1, à l'émetteur de Q_2 monté en base commune comme le précédent transistor, tous deux étant des AF139 ou équivalents PNP plus récents.

Afin de pouvoir polariser l'émetteur on a disposé un condensateur de 470 pF entre L_4 et la masse, ce qui permettra de brancher l'émetteur à la ligne positive + 14 V d'alimentation à travers la bobine d'arrêt L_5 et la résistance de polarisation de 1 500 Ω.

Les bases de Q_1 et Q_2 sont polarisées par des diviseurs de tensions calculés pour que le courant de collecteur de chaque transistor soit de 3 mA.

On peut mesurer un courant de collecteur en vérifiant celui d'émetteur qui lui est à peu près égal.

Le courant d'émetteur étant de 3 mA, la chute de tension dans une résistance de 1 500 Ω est 1500 . 003 = 4,5 V donc, entre la ligne positive de + 14 V et les émetteurs on devra mesurer 4,5 V (avec négatif sur chaque émetteur). Si nécessaire, une retouche sera possible en agissant sur les résistances des diviseurs de tension.

Supposons, par exemple, que pour Q_1, la tension mesurée entre émetteur et ligne positive est 3,5 V au lieu de 4,5 V. Ceci signifie que le courant est de 3,5/1 500 = 2,34 mA au lieu de 3 mA.

Pour augmenter le courant, il suffira de rendre la base de Q_1 plus négative par rapport à la ligne positive, ce qui se réalisera en diminuant la résistance du diviseur de tension connectée du côté masse (nominalement de 7 500 Ω).

Le système d'accord à réglage unique comprend les diodes D_1 et D_2 à capacité variable dont les anodes sont au potentiel de la masse (zéro volt) à travers les conducteurs L_3 et L_6 des lignes quart d'onde.

Les cathodes sont découplées vers la masse par des condensateurs de 1 200 pF et reliées ensemble au système de réglage de tension de commande comme dans les montages précédents.

On a expliqué précédemment le principe de l'alignement des capacités des diodes à capacité variable commandées par une même tension.

Il s'agissait de trouver les positions convenables des points a_1 et a_2 de contact entre l'anode d'une diode et le conducteur de la ligne quart d'onde.

Pour éviter toute mesure tendant à faire connaître quelle est la diode ayant la capacité la plus élevée pour une même tension appliquée à toutes les deux, nous proposons le procédé pratique suivant :

1° Placer la glissière de D_1 à l'extrémité de la ligne L_3 (du côté collecteur évidemment) et essayer d'obtenir à la sortie le maximum de signal en recherchant un point convenable de la glissière de D_2.

2° Si l'opération 1° ne permet pas de trouver un maximum de gain, cela prouve que la capacité de D_1 est plus élevée que celle de D_2 alors que l'opération 1° a été effectuée dans l'hypothèse contraire, donc, placer la glissière de D en bout de ligne et régler avec celle de D_1.

Les essais s'effectueront selon le procédé classique de mesure de gain : générateur UHF à l'entrée et indicateur à la sortie du préamplificateur ou à la sortie de la détectrice MF image ou même MF son.

La fréquence à adopter pour cette mesure de mise au point de l'alignement sur la fréquence médiane de la bande totale couverte. Ainsi si la bande est 460 à 610 MHz, on prendra f = 535 MHz ou toute valeur voisine.

Il sera utile de vérifier l'alignement pour d'autres fréquences.

P. — Mesures

Voici les résultats des mesures effectuées par « Telefunken » sur ce montage qui a été proposé comme exemple d'emploi des diodes à capacité variable :

Version 1 : gamme UHF 460 à 610 MHz (bande IV approximativement) : figure 17, courbes en traits pleins « gain IV » « F (IV) » et « S (IV) ». Les diodes utilisées dans cette version sont du type BA121. Les fréquences sont en abscisses, en bas.

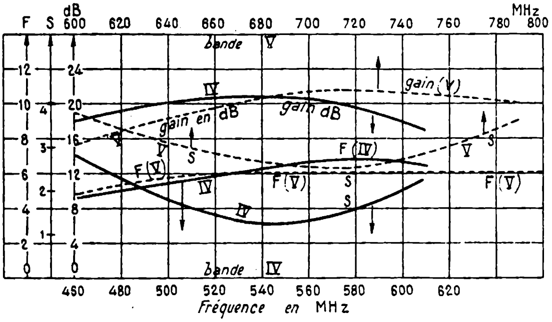


FIG. 17

Version 2 : gamme UHF 600 à 790 MHz (bande V approximativement) : figure 17 courbes en pointillés « gain (V) » « F (V) » et « S (V) ». Fréquences en abscisses en haut de la figure. Les diodes utilisées dans cette version sont du type BAY70 mais rien d'autre n'est différent dans les deux montages, sauf que les lignes pour la bande V sont plus courtes. La bobine L_1 est à une seule spire de fil de 0,6 mm, argenté, diamètre de la spire 4 mm.

La largeur de bande, pour une position de l'accord est dans les deux versions de 30 MHz environ.

Q. — Alimentation des amplificateurs d'antenne

Le problème de l'alimentation des amplificateurs (ou préamplificateurs) d'antenne est important, car si grâce aux diodes à capacité variable il est possible de commander l'accord à distance, il faut également alimenter les appareils disposés loin de l'utilisateur et même, pouvoir couper l'alimentation si on le désire.

Deux possibilités existent lorsque les amplificateurs HF sont à transistors : alimentation sur secteur et alimentation sur batteries. Lorsque l'alimentation se fait sur secteur, il est parfaitement admissible de laisser l'ensemble alimentation-préamplificateur, constamment branché. En effet, les émissions de TVC s'effectuent toute la journée jusqu'à une heure avancée de la nuit, soit environ 15 heures sur 24. On gagnerait peu au point de vue économie de courant et usure de matériel en coupant le courant pendant les quelques heures restantes de la nuit.

Par contre, si l'on utilise des piles, ce qui est d'ailleurs peu recommandé, on aurait intérêt à ne les brancher que pendant le service réel du téléviseur, c'est-à-dire pendant quelques heures par jour, par exemple 5 heures sur 24. L'économie sera alors substantielle pour les piles.

L'arrêt du fonctionnement d'un amplificateur, effectué par un utilisateur n'est possible que si celui-ci est seul à se servir de l'antenne montée sur le toit.

En cas d'antennes collectives, l'alimentation sur secteur s'impose et doit être branchée en permanence. De plus, il ne sera pas possible, en général, de prévoir des amplificateurs d'antenne accordables, mais des amplificateurs à bandes englobant tous les canaux recevables dans la région.

L'alimentation devra être stable, car toute variation de l'une des deux tensions alimentant l'amplificateur : celle de l'appareil et celle des diodes à capacité variable, peut donner lieu à une variation de l'accord et celui-ci devra être retouché souvent.

Pour les amplificateurs décrits précédemment, on pourra adopter le montage d'alimentation de la figure 18 utilisant un transformateur TA dont le primaire sera adapté à la tension du secteur alternatif et les deux secondaires seront utilisés pour fournir les deux alimentations continues, l'une de 14 V et l'autre de 80 V, toutes deux positives par rapport à la masse. Pour le primaire, le nombre de spires peut être de 5 000 pour 220 V, fil de 0,09 mm. Le secondaire S_1 aura alors 2 800 spires, fil de 0,08 mm et donnera 120 V ; S_2 aura 300 spires, fil de 0,18 mm donnant 13 V.

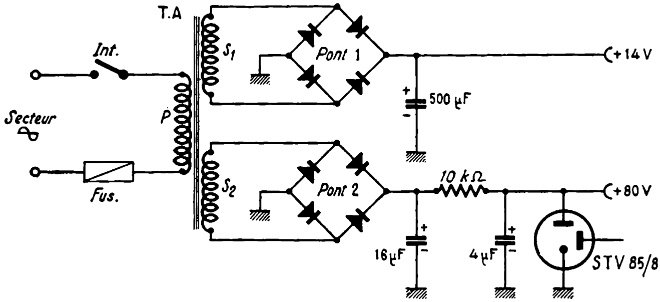


FIG. 18

Le pont 1 est du type OA182B. Le pont 2 est réalisé avec 4 diodes redresseuses type OA130.

Si le secteur est de 110 V, le nombre de spires du primaire est de 2 500 seulement et la *section* du fil double.

Le fusible doit être de 0,1 A pour 220 V et 0,2 A pour 110 V. On réalise le redressement, pour la tension de + 14 V à l'aide du bloc-pont OA182B et le filtrage est obtenu avec un condensateur électrochimique de 500 µF, tension de l'ordre de 20-25 V.

Pour la HT de + 80 V applicable aux diodes à capacité variable après réduction, on utilise le secondaire S_2 avec le pont 2. Le positif de la tension continue redressée s'obtient au point commun de deux cathodes, des diodes et le négatif, au point opposé est mis à la masse.

Une cellule de filtrage est réalisée avec une résistance de 10 kΩ et deux électrochimiques, l'un de 16 μF, en tête, l'autre de 4 μF, à la sortie. La stabilisation est obtenue avec le stabilisateur type STV 85/8 Telefunken. Sur le primaire on peut monter une ampoule témoin.

R. — Branchements entre antenne et récepteur

On ne considérera que le cas où l'utilisateur est libre de commander l'accord du préamplificateur d'antenne.

La figure 19 donne le schéma de branchement entre antenne préamplificateur, récepteur et commande l'accord du préamplificateur.

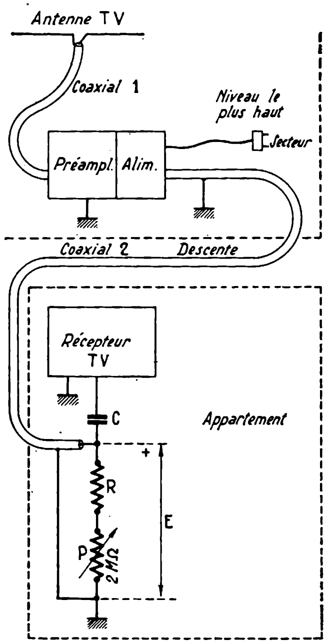


FIG. 19

On peut considérer trois zones : le niveau le plus haut (toit et grenier) ou se trouveront l'antenne UHF ou VHF considérée, le préamplificateur correspondant et le coaxial 1 reliant l'antenne au préamplificateur. Celui-ci est associé à l'alimentation de la figure 1, les deux dispositifs étant montés dans un seul boîtier formant un bloc compact. Si ce bloc est à l'abri des agents atmosphériques (pluie, humidité, soleil...) il pourra être monté sur l'antenne, donc réduire la longueur du coaxial 1 à sa plus simple expression.

Nous pensons toutefois qu'il serait préférable de monter ce bloc dans un endroit proche de l'antenne, mais dans un grenier ou tout autre emplacement où il sera mieux à l'abri des intempéries, ceci étant surtout recommandé en raison du cordon secteur à brancher à une prise de courant. Dans la deuxième zone se trouvera le câble de descente. Il conduira dans le sens antenne-récepteur, le signal HF qui sera appliqué au téléviseur et, dans le sens opposé, la commande de la tension appliquée à la diode à capacité variable.

La troisième zone est celle de l'appartement où se trouvera le téléviseur et le circuit de commande composé du potentiomètre P de 2 MΩ et de la résistance de garde isolant en HF, l'arrivée du coaxial du circuit de courant continu. La valeur de R peut être assez faible étant donné que l'impédance d'entrée du téléviseur est de l'ordre de 75 Ω, donc R peut être, au minimum de 1 000 Ω sans inconvénient.

On adoptera, par exemple R = 100 000 Ω puis on déterminera la valeur convenant le mieux, par essais expérimentaux.

S. — Commande simultanée de plusieurs amplificateurs

Toujours dans le cas où il y a un seul utilisateur des antennes desservant les appareils, on peut concevoir un système de commande à distance de plusieurs ensembles de réception. La figure 20 donne un exemple d'un système à 4 ensembles par exemple TV-VHF, TV-UHF, FM, RADIO, ou tout autre. La généralisation pour *n* ensembles est facile.

Une seule alimentation donnant 80 V et 14 V peut être utilisée pour ces 4 ensembles, mais il y aura des amplificateurs distincts pour chacun des ensembles A, B, C et D. Soit, par exemple, l'ensemble A. On y trouve, une antenne « Ant. A » reliée par un câble approprié au préamplificateur correspondant PA. Celui-ci reçoit de l'alimentation les tensions + 14 V et + 80 V du bloc « ALIM » branché au secteur en permanence. Toutes les masses sont évidemment, reliées ensemble par des connexions très soignées, et à faible résistance. Dans le préamplificateur A se trouve la résistance R de 750 000 Ω dont les extrémités sont x et y. Au point x est appliquée la tension de + 80 V et le point y est relié à la sortie du signal HF amplifié, c'est-à-dire au conducteur intérieur du coaxial de descente (*a*).

Après avoir traversé l'espace nécessaire, le câble (*a*) arrive dans l'appartement où le conducteur extérieur est mis à la mase et le conducteur intérieur connecté :

— d'une part, par C_A à l'entrée « antenne » du récepteur A ;

— d'autre part par R_A, au potentiomètre P de 2 MΩ, de réglage de la tension de commande au point y du préamplificateur A.

Remarquons la particularité intéressante suivante, le potentiomètre de commande P est commun aux 4 ensembles de réception. Il en résulte que le réglage de P agit en même temps sur les 4 préamplificateurs.

Cela est admissible si les quatre ensembles ne doivent en aucun cas fonctionner en même temps. Dans ce cas, l'utilisateur fait fonctionner

l'appareil sur le canal TV qui l'intéresse et règle P selon le repère correspondant marqué sur le cadran unique à 4 échelles.

Ce système nécessite des câbles de descente séparés, donc quatre dans le cas de notre exemple.

Remarquons que la sortie + 80 V de l'alimentation, n'est connectée aux points + 80 V des préamplificateurs, qu'en un seul de ces points, par exemple le point x de PA.

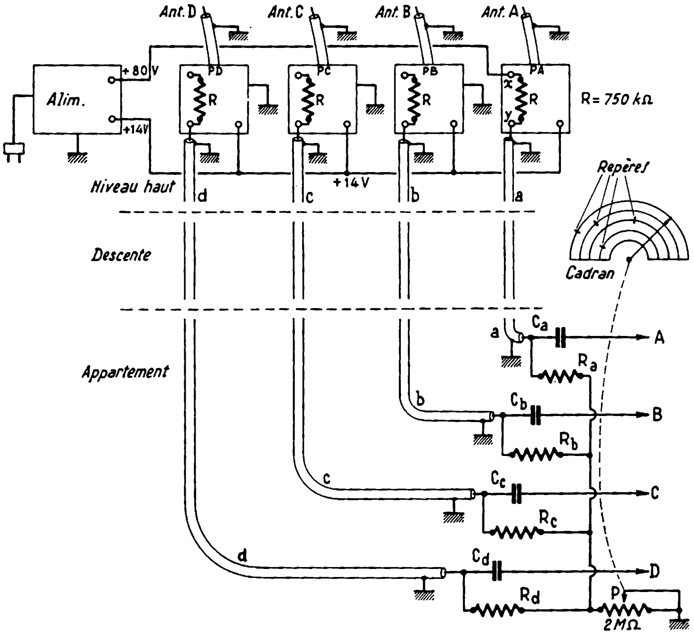


FIG. 20

En effet, cette seule connexion suffit, car au bloc de commande les résistances R_A, R_B, R_C et R_D sont connectées ensemble au potentiomètre P et son réglage donnera la même tension aux points y des résistances R de 750 000 Ω.

T. — Commande par touches préréglées

Soit, par exemple, le cas d'un téléviseur recevant deux canaux l'un en bande VHF et l'autre en bande UHF. C'est le cas le plus général en France.

On dispose de deux antennes, deux préamplificateurs, une alimentation de 14 V et 80 V et de deux câbles de descente distincts, comme on le voit sur la figure 21.

Du côté niveau haut, on retrouve les antennes UHF et VHF avec leurs câbles C_U et C_V connectés aux entrées de préamplificateurs correspondants UHF et VHF alimentés sur 14 V et 80 V par une alimentation commune branchée sur le secteur. Les coaxiaux de descente sont C'_U et C'_V.

Au niveau de l'appartement on trouve le téléviseur avec les deux entrées d'antenne, UHF et VHF auxquelles sont branchés les condensateurs C_1 et C_0.

En général, il n'y a possibilité de recevoir, avec une même antenne et un même préamplificateur, qu'un seul canal (UHF ou VHF) ou, parfois, deux ou plusieurs s'ils sont suffisamment proches en fréquences et orientés dans la même direction et sens. Cette deuxième possibilité est utilisée lorsqu'il y a plusieurs « chaînes » (ou « programmes »).

La commande à distance comporte 4 touches dont deux pour des canaux VHF recevables et deux pour des canaux UHF recevables.

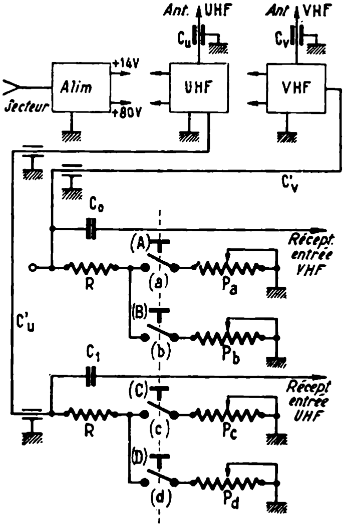


Fig. 21

Le clavier doit être disposé de façon que lorsqu'on enfonce une touche les autres se soulèvent coupant les circuits.

Supposons que l'on enfonce la touche A par exemple. Le circuit de commande d'accord du préamplificateur VHF est branché. On règle l'accord avec P_A et de ce fait, si par la suite on désire recevoir le même canal, il n'est plus nécessaire de régler P_A ou à la rigueur, effectuer une légère retouche.

Pour les 3 autres canaux le procédé sera le même. Une autre possibilité intéressante est celle où le téléviseur lui-même possède des touches

de préréglage et que chacune de ces touches commande un interrupteur non utilisé dans le téléviseur étant prévu justement pour un préamplificateur.

Si tel n'est pas le cas, le système de préréglage sera réalisable avec un clavier spécial indépendant de celui du téléviseur.

Pour recevoir avec un même préamplificateur plusieurs canaux de fréquences relativement distantes, il n'y a pas de difficulté en raison de la possibilité de l'accorder à distance, la difficulté provient surtout de l'antenne au point de vue de l'accord et de l'orientation.

Ces questions ont été traitées par nous dans d'autres chapitres.

Rappelons les possibilités suivantes :

1° antenne à large bande ;

2° plusieurs antennes accordées sur les canaux recevables et couplées à l'entrée d'un même préamplificateur. Dans ce cas on rejoint également le problème de la directivité.

Pour le système de la figure 21, on pourra concevoir deux antennes UHF et deux antennes VHF, chacune orientée convenablement.

U. — Amplificateurs multibandes

Il est parfaitement possible de réaliser des préamplificateurs servant en plusieurs bandes, par exemple, en bande III VHF et en bandes IV et V, UHF.

Il s'agira alors d'utiliser les mêmes composants pour toutes les bandes sauf, évidemment les « bobinages », c'est-à-dire les *vrais* bobinages en VHF et les lignes en UHF.

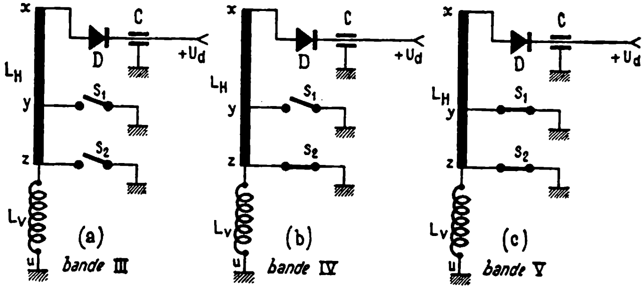


FIG. 22

On voit immédiatement que la construction de ce genre de circuits VHF et UHF n'est qu'à la portée des spécialistes industriels, mais ceci n'est pas une raison pour que nos lecteurs ne soient pas mis au courant du principe de ces circuits.

La figure 22 montre la disposition des systèmes d'accord associés à des interrupteurs.

Le dispositif d'accord comprend une bobine L_V en série avec le conducteur intérieur de la ligne 1/4 d'onde L_H. Cet ensemble correspond à l'accord en bande III où prédomine l'effet de self-induction de la bobine, le conducteur L_H étant réduit au rôle de connexion ayant une faible self-induction.

La diode à capacité variable est polarisée à zéro volt sur l'anode à travers L_V et L_H tandis que la cathode est polarisée postivement avec découplage vers la masse par la capacité C de valeur suffisante en VHF (donc, *a fortiori* en UHF) par la tension de commande U_D.

Deux interrupteurs S_1 et S_2 permettent par leurs combinaisons d'ouverture et fermeture de passer d'une bande à l'autre :

En bande III : S_1 et S_2 ouverts.

En bande IV : S_1 et S_2 fermés.

En bande V : S_1 et S_2 fermés.

Il est évident que normalement on aurait pu prévoir un seul inverseur à 3 positions mais dans le cas présent, la longueur des connexions a une importance capitale de sorte qu'elles sont plus courtes avec 2 interrupteurs convenablement placés. Ces interrupteurs seront d'ailleurs d'un type spécial, adapté à des circuits de ce genre.

V. — Amplificateur 3 bandes

Comme application du dispositif d'accord de la figure 22, voici à la figure 23, le schéma d'un amplificateur unique pour les bandes III, IV et V.

L'analyse de ce schéma montre qu'il y a deux entrées d'antennes comme celles des récepteurs TV, entrée UHF et entrée VHF auxquelles seront connectés les câbles correspondants transmettant les signaux recueillis par les antennes UHF et VHF choisies comme il convient dans ce cas selon les indications données plus haut.

Lorsque S_1 est fermé en position 1, l'antenne UHF est déconnectée et mise à la masse. En position 2, elle est connectée à C_1 qui transmet le signal au filtre passe-haut et T composée de L_3-L_4 et C_2 ajustable.

En position UHF S_2 doit être fermé et en position VHF il sera ouvert. Dans ce cas, l'accord s'effectuera avec L_1 et la capacité représentée par la diode à capacité variable D_1, découplée par C_3 et commandée par la tension + U_D appliquée sur la cathode.

Dans ces 3 bandes, le signal est amplifié par Q_1 , un transistor Mesa AF139 (ou plus moderne de caractéristiques convenables, par exemple le AF239 en équivalents) qui est un p-n-p. Ce transistor est monté en base commune. La base est polarisée par le diviseur de tension R_2-R_3 monté aux bornes de l'alimentation de 12 V et découplée par C_6.

L'émetteur qui sert d'électrode d'entrée est polarisé par R_1 non découplée évidemment.

Le signal amplifié prélevé sur le collecteur est transmis au système d'accord réalisé avec le conducteur L_0 en série avec la bobine L_2, associés aux interrupteurs S_{4-1} et S_{3-1} selon la disposition de la figure 22.

L'accord est réalisé dans les trois positions, avec D_2 polarisée à l'inverse par la tension positive U_D. L'action sur les deux diodes D_1 et D_2 s'effectue comme dans les montages précédents à partir d'un même dispositif de commande à potentiomètre.

Il est clair qu'en position bande V, S_{4-1} et S_{4-2} ainsi que S_{3-1} et S_{3-2} seront fermés. En bande IV, S_{4-1} et S_{4-2} seront ouverts et S_{3-1} et S_{0-2} fermés. En bande III tous les interrupteurs seront ouverts.

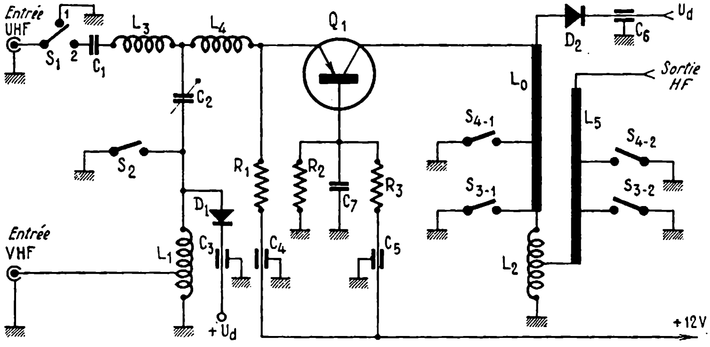


FIG. 23

Le signal HF (UHF ou VHF) sera transmis à la sortie par L_5 qui a deux fonctions : en UHF il prélève le signal de L_0, les conducteurs L_0 et L_5 étant parallèles ; en VHF, L_5 transmet le signal de la prise de L_2.

Voici, à titre documentaire, les caractéristiques des bobinages : $L_1 = L_2 =$ 6 spires fil de cuivre argenté de 0,6 mm de diamètre ; diamètre du bobinage : 6 mm, prise à environ 0,8 spire à partir de l'extrémité connectée à la masse. L_3 = 2,5 spires réalisées avec le fil de raccordement du condensateur C_1 ; L_4 = fil de branchement à l'émetteur du transistor Q_1. Lignes à déterminer expérimentalement, leur longueur étant de l'ordre du centimètre, par exemple 2 cm ; C_1 = 12 pF, C_2 = ajustable de 0,2 à 2,5 pF, $C_3 = C_4 = C_5 = C_6$ = condensateur de traversée de 1 000 pF, C_7 = 4,700 pF, R_1 = 1 200 Ω, R_2 = 7 400 Ω, R_3 = 3 300 Ω.

Référence : Document Telefunken RMI 6408 111.

CHAPITRE XXIII

ANTENNES UHF A RADIATEURS SQUELETTE

A. — Antenne 2 fois 12 éléments avec radiateur « squelette »

Cette antenne, prévue pour 300 Ω, est représentée par la figure 1, avec ses six premiers directeurs seulement par nappe alors qu'il y en a dix en réalité.

Toutes les dimensions indiquées pour les antennes à radiateurs demi-onde sont valables sauf, bien entendu, celles qui concernent le radiateur unique type squelette, qui est composé d'un cadre rectangulaire, que l'on peut construire avec un tube que l'on pliera quatre fois à angle droit avec un petit arrondi. On utilisera de préférence un tube plein, se déformant moins lorsqu'on le fléchit. Une soudure sera effectuée en un point quelconque, par exemple au point où ce radiateur est fixé sur le bras supérieur.

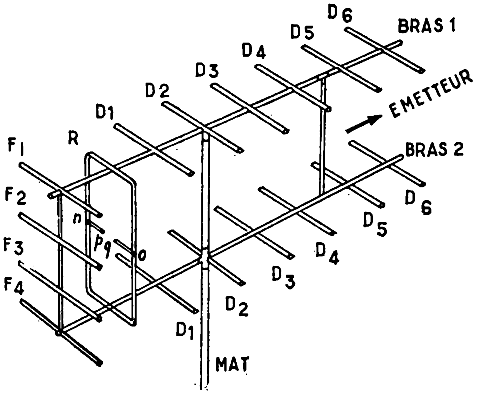


Fig. 1

Les dimensions du radiateur sont indiquées sur la figure 2. Attention! il s'agit des dimensions *intérieures* du cadre et non entre axes des tubes.

Aux points médians *n* et *o* on fixera encore deux petits tubes *np* et *qo* identiques, dont la longueur sera telle que la distance *pq* entre les points de branchement de câble 300 Ω ait la valeur convenable indiquée plus loin.

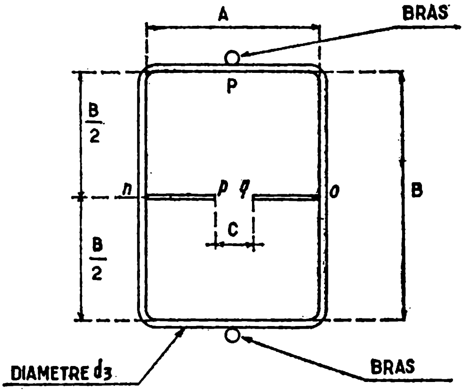


FIG. 2

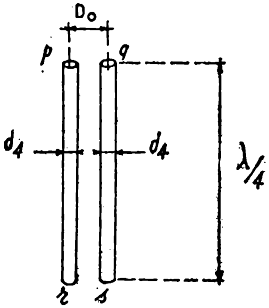


FIG. 3

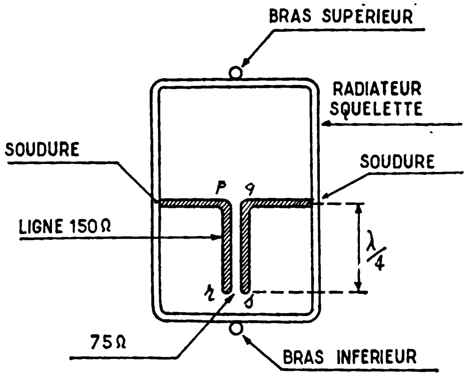


FIG. 4

Les dimensions A et B sont fonction de la fréquence médiane de chaque bande, tandis que la distance *pq* et le diamètre du tube du radiateur n'ont pas de valeurs critiques.

Ce diamètre sera de 12 mm pour les premières bandes et de 8 mm pour les suivantes. De même la distance *pq* sera de 25 mm et 15 mm respectivement. Voici, d'ailleurs, au tableau I ci-après les valeurs de A, B, *pq* = C et le diamètre du tube d_3.

TABLEAU I

Dimensions du radiateur squelette

Bande (MHz)	A (mm)	B (mm)	d_3 (mm)	C = *pq* (mm)
450 à 500	120	290	12	25
475 à 525	110	275	12	25
500 à 555	100	260	12	25
525 à 590	95	245	12	25
550 à 620	90	230	12	25
575 à 645	86,5	221	10	20
600 à 675	83	212	10	20
650 à 730	76	194	8	15
700 à 780	70	180	8	15
770 à 860	65	167	8	15

La distance entre les deux nappes est un peu différente de celle de l'antenne normale car elle est déterminée par la hauteur du radiateur squelette, qui sert également d'élément de fixation et d'écartement.

Pratiquement, les bras sont fixés au-dessus du point P et au-dessous du point Q (*voir fig.* 2) et la distance entre nappes est égale, par conséquent, à B + 2 d_3, en l'évaluant entre les faces en regard des bras.

B. — Antenne 2 fois 12 éléments 75 Ω

L'antenne à radiateur squelette que nous venons de décrire convient pour 300 Ω. Pour 75 Ω le plus simple moyen est de monter un adaptateur 300 à 75 Ω entre le point de branchement *pq* (*fig.* 1 *et* 2) et le câble coaxial de 75 Ω.

L'adaptateur type λ/4 aura une longueur λ/4 avec une ligne *à air* dont l'impédance sera :

$$Z = \sqrt{300 \times 75} = 150 \ \Omega.$$

Une ligne à air de 150 Ω se réalise avec deux tubes parallèles longs de λ/4, de diamètre d_4 et écartés de D_0 = 1,75 d_4, comme indiqué sur la figure 3.

Pratiquement, on adoptera des tubes de même diamètre que celui des tubes *np* et *qo* (fig. 2) et le même tube plié à 90° vers le bas constituera l'élément *np* (ou *qo*) et un des tubes de la ligne.

Adoptons un diamètre d_4 (*fig.* 3) de 5 mm (valeur non critique). On aura comme écartement d'axe en axe $D_0 = 1,75\ d_4 = 8,75$ mm. Il restera entre les deux tubes un espace d'air $D_0 - d_4 = 8,75 - 5 = 3,75$ mm. Une bonne fixation aux extrémités *pq* et *rs* (et non en d'autres points de la ligne) permettra de respecter l'écartement indiqué.

Avec le mode de montage indiqué, les distances C = *pq* du tableau I sont modifiées et prennent la valeur d'écartement des deux tubes de la ligne de 150 Ω de la figure 3.

Le radiateur squelette pour 75 Ω prend alors l'aspect montré par la figure 4.

Les valeurs de $\lambda/4$ longueur de la ligne d'adaptation 300 à 75 Ω peuvent se déduire de celles de B du tableau I. Elles sont respectivement, en les arrondissant : 16, 15, 14, 13,5, 12,7, 12, 11,7, 10,7, 10 et 9,2 cm.

Cette ligne peut être disposée dans le plan du radiateur squelette, comme on le voit sur la figure 4 ou perpendiculairement à ce plan, vers l'avant ou vers l'arrière de l'antenne, indifféremment.

C. — Indications sur la construction de ces antennes

Pour ceux qui aiment les petits travaux de petite mécanique et qui sont convenablement outillés, la construction d'une antenne UHF constitue sans doute un travail des plus agréables, mais il faut faire du solide et observer avec une certaine précision les dimensions indiquées. Des erreurs de dimensions de l'ordre de 2 % ne sont toutefois pas graves et ont une influence insignifiante sur les résultats obtenus en raison de la large bande de ces antennes.

Comme elles sont relativement petites, le non-professionnel pourra utiliser un matériel autre que l'aluminium ou le duraluminium qui sont plus légers, moins chers donnent un rendement aussi bon que le cuivre (ou l'argent !) mais pratiquement impossibles à souder convenablement par un amateur.

Nous conseillons, par conséquent d'adopter des tubes en cuivre ou en laiton mais pas du fer. Si les tubes ne sont pas étamés on pourra les peindre avec une peinture spéciale les protégeant contre les intempéries qui recouvrira également les soudures qui craignent encore plus l'humidité que les tubes eux-mêmes.

Si l'on craint de ne pas pouvoir effectuer soi-même des soudures parfaites, ne pas hésiter de s'adresser à un spécialiste.

On peut aussi utiliser de l'aluminium en adoptant un mode de montage évitant les soudures en les remplaçant par des fixations à vis, écrous, rondelles grower et contre-écrous.

Dans ce cas presque tous les éléments pourront être en aluminium, sauf les radiateurs normaux et les radiateurs squelette qui nécessitent obligatoirement des soudures aussi bien pour des raisons d'ordre mécanique que d'ordre électronique.

Signalons aussi que les éléments reflecteur, radiateur et directeurs peuvent être fixés dans des trous pratiqués dans les bras à condition que ceux-ci soient de diamètre suffisant pour que leur solidité n'en souffre pas.

Remarquer sur la figure 1 les deux réflecteurs intermédiaires F_2 et F_3 non obligatoires mais apportant une certaine amélioration de la directivité verticale. En ce qui concerne cette antenne à radiateur squelette, les éléments réflecteurs (F_1 et F_4) et directeurs (D_1 à D_{10}) doivent être fixés *sur* les bras et non à travers ceux-ci de manières qu'ils soient dans le même plan que les parties horizontales du radiateur squelette.

Cela revient à fixer les réflecteurs et les directeurs *sous* le bras supérieur et au-dessus du bras inférieur.

Enfin il y a la question habituelle de l'isolement des éléments que l'on pose toujours à propos des antennes.

A celle-ci nous répondrons par les précisions suivantes : pour des antennes connectées à des câbles bifilaires (300 Ω) il y a symétrie pour tous les éléments et ceux-ci pourront être en contact électrique avec les bras et le mât reliés à la tere. Pour les antennes à connecter à un câble coaxial il est préférable d'isoler les réflecteurs, les directeurs et *surtout* les radiateurs des bras. Ces derniers et le mât pourront être reliés à la terre par l'intermédiaire de la gaine du coaxial mais rien ne s'oppose à ce que les bras et surtout le mat soient en bois mais il faut que ce soit solide et rigide.

CHAPITRE XXIV

ANTENNES POUR MODULATION DE FREQUENCE

A. — Généralités

La modulation de fréquence (en abrégé F.M. ou M.F.) intéresse de plus en plus les radiotechniciens. De nombreux mélomanes désirent également recevoir le mieux possible des émissions qui leur apportent des programmes musicaux de qualité supérieure.

Si la musicalité dépend du récepteur, la bonne réception, puissante avec le minimum de souffle et le minimum de parasites, ne dépend que de la propagation et de l'antenne.

Pour améliorer les conditions de réception lorsqu'elles ne sont pas satisfaisantes, il n'existe qu'un seul moyen : placer l'antenne dans un endroit plus favorable, c'est-à-dire où le champ des parasites est le plus faible et celui de l'émission le plus élevé (*).

Pratiquement, l'utilisateur dispose surtout des emplacements offerts par son propre immeuble, et, dans ce cas, le toit est généralement le meilleur endroit pour ériger l'antenne F.M. (et aussi toute antenne de réception radio ou TV).

Le souffle se réduit en accordant l'antenne sur une fréquence aussi proche que possible de celle de l'émetteur à recevoir.

En F.M., toutefois, la fréquence de réception étant de l'ordre de 100 MHz (3 mètres), l'antenne accordée est à large bande et reçoit aussi bien toute une gamme de fréquences dont l'étendue peut varier entre 11 et 22 MHz.

A l'aide de dispositifs appropriés, on peut diminuer ou augmenter cette étendue. En la diminuant, on améliore le gain et la pureté (manque de souffle, de parasites et de brouillages) et en l'augmentant, c'est le contraire qui se produit.

B. — Fréquence d'accord FM

Souvent, les techniciens remarquent que dans les diverses descriptions d'antennes F.M. les dimensions indiquées ne sont pas les mêmes pour des antennes du même type.

Ces différences proviennent du fait que les auteurs ne se basent pas sur la même fréquence d'accord. Les uns considèrent la bande F.M. mondiale qui s'étend sensiblement entre 86 et 108 MHz, ce qui correspond à une fréquence médiane de 102 MHz que l'on peut, d'ailleurs, arrondir à 100 MHz.

(*) Un bon préamplificateur donnera aussi des résultats intéressants.

D'autres se basent sur la bande européenne, qui s'étend entre 86 et 100 MHz, ce qui donne une fréquence médiane de 93 MHz.

Enfin, si l'on consulte la liste *actuelle* des émetteurs F.M. *français,* on trouve que leurs fréquences porteuses s'étendent, dans certaines régions, entre 87 et 98,1 MHz, d'où la fréquence médiane de 92,5 MHz.

Dans les trois cas considérés, les largeurs de bande sont respectivement : 22, 14 et 11,1 MHz.

Le choix s'impose immédiatement. Nous adopterons la bande européenne ou la bande française, car on ne peut pas recevoir la F.M. américaine en France.

En réalité, c'est la bande 86 à 100 MHz qui doit être adoptée, car le nombre des émetteurs F.M. français peut augmenter et de nouveaux émetteurs pourront se trouver au-dessous de 87 MHz ou au-dessus de 98,1 MHz.

Nous adopterons donc une fréquence d'accord de 93 MHz, ce qui permettra, avec une largeur de bande de 14 MHz, de recevoir les émissions françaises et européennes (et même celles du continent africain) si la propagation ne s'y oppose pas.

On remarquera qu'une réception peu satisfaisante peut être due à une des causes suivantes :

1° Faible puissance de l'émetteur.

2° Grande distance.

3° Antenne à faible gain.

4° Récepteur à faible gain,

en négligeant des causes évidentes comme l'état défectueux du récepteur ou une mauvaise conception de l'antenne.

Ajoutons également que le problème de la directivité est aussi important que les autres et qu'en F.M., comme en T.V. et autres techniques des télécommunications sur fréquences élevées, l'antenne accordée *doit être dirigée vers l'émetteur à recevoir,* faute de quoi la réception sera diminuée et entachée de souffle, de parasites et parfois de brouillages.

C. — Calcul des antennes F.M.

Nous décrirons d'abord des antennes Yagi, dont le nombre des éléments s'étendra de 1 à 6 éléments.

Les dimensions habituelles des éléments sont données ci-après :

TABLEAU I

Dimensions des éléments en cm

Longueur	réflecteur		=		$\lambda/2$	161
Longueur	radiateur		=	0,95	$\lambda/2$	153
Longueur	directeur	1	=	0,91	$\lambda/2$	147
»	»	2	=	0,88	$\lambda/2$	142
»	»	3	=	0,86	$\lambda/2$	139
»	»	4	=	0,84	$\lambda/2$	136

Il est inutile de pousser la précision au-delà du centimètre.

Les écartements entre éléments sont souvent de 0,18 λ, ce qui donne 58 cm, sauf celui entre radiateur et directeur 1, qui peut être de 0,09 λ = 29 cm.

Le tableau ci-après donne les écartements correspondant à 0,18 λ et 0,09 λ :

TABLEAU II

Écartements entre éléments (cm)

Réflecteur à radiateur	58
Radiateur à directeur 1	29
Dir. 1 à dir. 2	58
Dir. 2 à dir. 3	58
Dir. 3 à dir. 4	58

D. — Impédance de l'antenne F.M.

La plupart des récepteurs FM actuels sont prévus pour une antenne de 75 ou de 300 Ω. Certains récepteurs allemands nécessitent une antenne de 240 Ω.

Disons tout de suite que si en télévision il est indispensable qu'il y ait adaptation, pour que l'image ne soit pas de mauvaise qualité et peu contrastée, en FM l'adaptation n'est nécessaire que pour obtenir le maximum de gain, mais elle n'a aucune influence sur la qualité sonore des auditions.

On peut admettre sans aucun inconvénient une désadaptation de l'ordre de 20 % au maximum, par exemple 240 au lieu de 300 Ω, 60 au lieu de 75 Ω, etc., pour l'antenne et le récepteur ou réciproquement.

L'impédance de l'antenne F.M. dépend de la forme du radiateur.

Nous allons donc décrire en détail les antennes FM depuis la « 1 élément » jusqu'à la « 6 éléments ». On retrouvera les notions valables en TV.

E. — Antennes 1 élément 75 Ω

Pour obtenir une antenne à un élément, composée du radiateur uniquement, il suffit de réaliser un des montages des figures 1, 9, 10 ou 11.

Celui de la figure 1 est une antenne de 75 Ω composée d'un tube en métal (aluminium, duralumin) coupé au milieu.

Pour maintenir ces deux demi-tubes, on les enfilera dans un manchon isolant (voir fig. 2) et on fixera le tout avec deux vis qui serviront également au branchement du coaxial.

Si les tubes sont de diamètre intérieur suffisant, on pourra les réunir également à l'aide d'un tube isolant intérieur comme le montre la figure 3. Les tubes isolants seront en bakélite, ébonite, ou toute matière diélectrique de bonne qualité. Avec la disposition de la figure 3, il n'est pas obligatoire de percer le trou dans l'isolant pour maintenir l'ensemble.

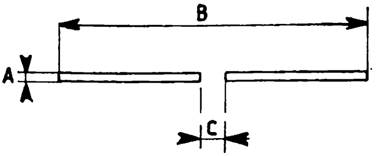


FIG. 1

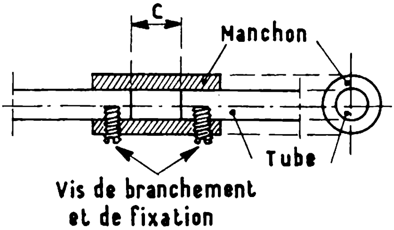


FIG. 2

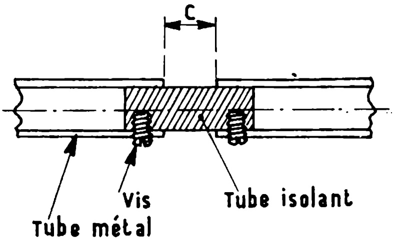


FIG. 3

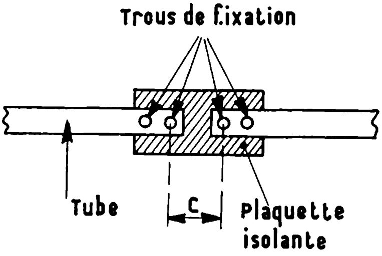


FIG. 4

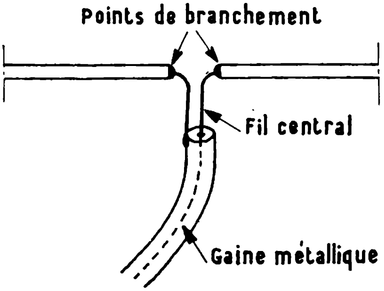


FIG. 5

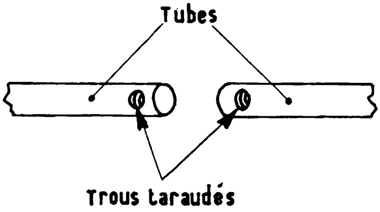


FIG. 6

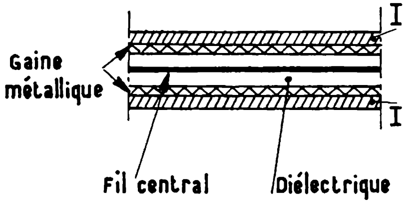


FIG. 7

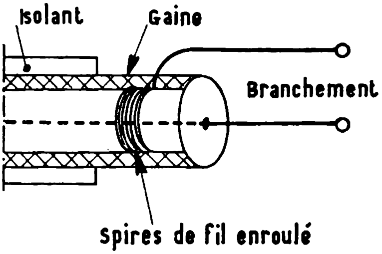


FIG. 8

Le fil de la figure 8 est enroulé sur la gaine et non au-dessous de celle-ci.

Une fixation plus rudimentaire, mais aussi efficace, est celle de la figure 4, qui utilise une simple plaquette de bakélite. Quatre trous sont nécessaires pour maintenir ce dispositif. Seuls les trous du milieu serviront également au branchement du coaxial. Les dimensions de cette antenne sont :

A = 2 à 5 cm valeur non critique.

B = 153 cm valeur précise.

C = 1 à 4 cm valeur non critique.

La cote C est reproduite sur les figures 1 à 4.

Le câble coaxial 75 Ω se branche comme l'indique la figure 5. Les deux points de branchement du câble sont les extrémités des deux conducteurs, le conducteur central et le conducteur extérieur. On fixe ces extrémités par deux vis introduites dans les trous préalablement taraudés pratiqués dans les tubes (voir figure 6 et également, les figures 2, 3 et 4). Si les trous ne sont pas taraudés, on fixera avec vis et écrous. Le câble coaxial est montré en coupe sur la figure 7.

Pour accéder aux deux extrémités des conducteurs, il faut d'abord supprimer, sur une longueur de 10 à 20 mm, tous les éléments sauf le conducteur central.

On enlèvera ensuite sur 10 à 20 mm l'enveloppe isolante extérieure que l'on repoussera légèrement en arrière de manière à éviter tout contact avec le fil central. On bobinera sur la gaine extérieure une dizaine de spires de fil de 0,3 à 1 mm de diamètre (voir figure 8), ce qui réalisera le contact avec la gaine et l'empêchera de glisser. Souder cet enroulement à la gaine.

On obtiendra ainsi les deux fils de branchement que l'on fixera à l'aide de vis ou par soudure sur des cosses, aux points de branchement du radiateur comme expliqué plus haut.

F. — Antenne 1 élément 300 Ω

Il est facile de réaliser une antenne de 300 Ω en montant un radiateur ayant une des formes indiquées par les figures 9, 10 ou 11.

Celle de la figure 9 est le trombone classique à extrémités arrondies constitué par un seul tube replié deux fois.

Les points de branchement sont x et y.

Une variante est obtenue en repliant quatre fois à angle droit « arrondi » comme on le voit sur la figure 10. Enfin, sur la figure 11, on réalise une antenne de 300 Ω avec deux tubes mn et pq (ce dernier coupé au milieu) et deux plaquettes métalliques larges du diamètre A des tubes.

L'assemblage se fait par soudure, cette dernière ne pouvant être effectuée que par un spécialiste quand il s'agit d'aluminium ou de duralumin, mais peut être effectuée par tout technicien possédant un fer à souder de grande puissance lorsque le matériel est en cuivre, laiton, zinc et même du fer. Ces métaux sont toutefois trop lourds !

Les dimensions de cette antenne, composée uniquement du radiateur dipôle replié, sont A B C D, dont les valeurs numériques sont comme précédemment :

A = 2 à 5 cm valeur non critique.

B = 153 cm moins la valeur de D.

C = 1 à 4 cm valeur non critique.

D = 5 cm à 20 cm, valeur non critique.

Ainsi, si D = 10 cm la valeur de B est 153 — 10 = 143 cm. Une bonne valeur pour D est 10 cm.

L'antenne 300 Ω doit être connectée au récepteur à l'aide d'un câble *bifilaire* de 300 Ω comme celui représenté par la figure 12. Ce câble est composé d'un ruban dont le profil est visible à droite. Deux conducteurs symétriques sont noyés dans les parties périphériques à section circulaire de ce câble.

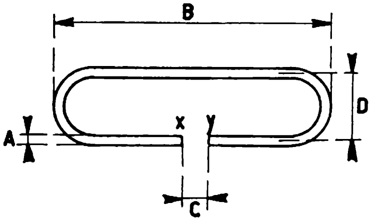


FIG. 9

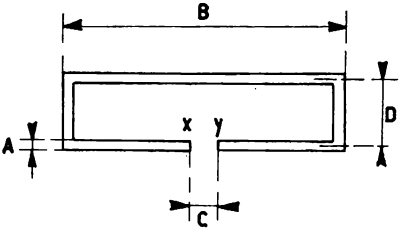


FIG. 10

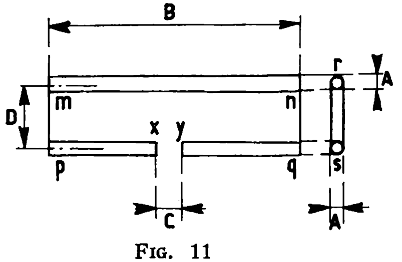


FIG. 11

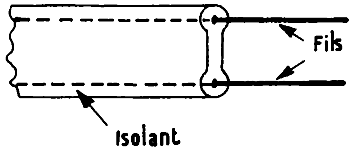


FIG. 12

Pour les dégager, il suffit d'enlever sur 10 à 20 mm l'isolant. On connectera les deux fils aux points de branchement x y (figures 9 à 11).

Ces deux points de branchement seront maintenus de la même manière que dans le cas de l'antenne de la figure 1, c'est-à-dire à l'aide d'isolants comme on l'a vu sur les figures 2, 3 et 4.

G. — Antennes à 2 éléments 300 Ω

Il existe deux manières de réaliser des antennes accordées à deux éléments : avec radiateur et réflecteur ou avec radiateur et directeur.

La figure 13 montre une antenne à deux éléments comportant un radiateur 300 Ω, comme ceux des figures 9, 10, et 11 et un réflecteur constitué par un tube de diamètre A et de longueur E.

Ces deux éléments d'antenne sont maintenus à une distance d_1 à l'aide du bras sur lequel ils sont fixés et ce dernier est tenu par un mât vertical.

Lorsque la distance d_1 entre les deux éléments est comprise entre 0,2 à 0,25 λ, l'impédance de l'ensemble est à peine plus faible que celle du radiateur seul, et on peut connecter une antenne ainsi constituée à une entrée de récepteur de 300 ou 240 Ω avec un câble bifilaire de 300 à 240 Ω. Le plan du radiateur doit être vertical, tandis que celui constitué par le tube non coupé du radiateur, fixé au bord et le réflecteur, doit être horizontal.

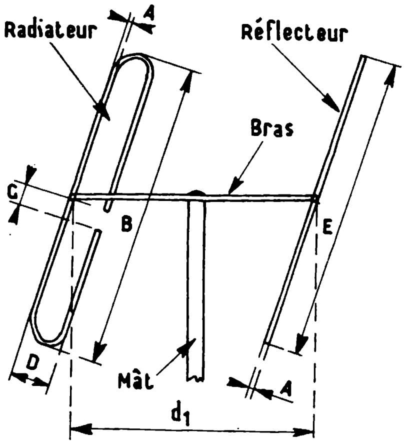


Fig. 13

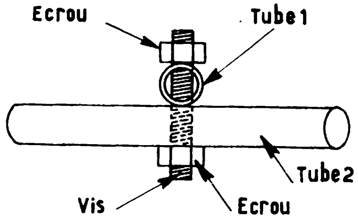


Fig. 14

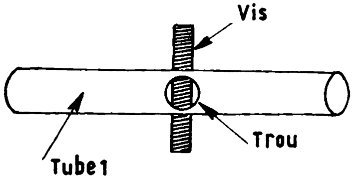


Fig. 15

De ce fait, le bras est également horizontal, tandis que le mât est, comme dans toutes les antennes, généralement vertical.

Nous disons *généralement* et non *toujours*, car dans certains endroits le mât peut être oblique ou recourbé suivant les possibilités de fixation existantes.

Les dimensions sont, pour l'antenne de la figure 13 :

A = 2 à 4 cm, valeur non critique.

B = 153 cm moins D.

E = 161 cm valeur à respecter.

C = 1 à 4 cm valeur non critique.

D = 5 à 20 cm valeur non critique.

d_1 = 70 à 80 cm, valeur non critique.

Le réflecteur se réalise avec un tube de diamètre A compris entre 2 et 4 cm comme le diamètre A du radiateur, mais il n'est pas obligatoire que ces diamètres soient égaux.

En ce qui concerne la fixation du câble et la consolidation du radiateur aux points x et y, voir ce qui a été dit à propos de l'antenne à un élément de 300 Ω.

H. — Fixation du bras et du mât

On peut adopter de nombreuses méthodes pour fixer deux tubes qui se croisent, mais pour l'amateur, seules quelques solutions sont possibles, en raison de son manque d'outillage.

La figure 14 montre le procédé le plus simple de fixation en plaçant les tubes l'un sur l'autre et en les maintenant par une vis et des écrous.

Sur la figure 15, la fixation est meilleure, car dans le tube 1, qui est celui du bras, on a pratiqué un trou transversal dans lequel on introduira le tube 2 (radiateur, réflecteur, directeur). Le tout sera maintenu par une vis et deux écrous.

Ce procédé est plus élégant que le précédent, mais il faut que le tube 1 soit suffisamment robuste pour que les trous ne réduisent pas sa solidité et par conséquent celle de l'ensemble.

CHAPITRE XXV

ANTENNES F.M. A PLUS DE 2 ELEMENTS

A. — Antenne 2 éléments 75 Ω

Cette antenne ne diffère de celle prévue pour 300 Ω que par le radiateur qui est rectiligne au lieu d'être replié. En considérant les figures de notre précédent chapitre, il s'agit tout simplement de remplacer un radiateur replié comme ceux qui sont visibles sur les figures 9, 10 et 11 par un radiateur identique à celui de la figure 1.

Reportons-nous à la figure 13 du précédent chapitre. Si le radiateur est du type de la figure 1, il sera nécessaire de le fixer sur le bras par l'intermédiaire du dispositif isolant qui maintient les deux moitiés de ce tube coupé au milieu. Les procédés de montage sont ceux déjà mentionnés au sujet de l'antenne 1 élément.

Les distances entre éléments et les dimensions des éléments resteront exactement les mêmes. Pour le radiateur rectiligne, la longueur totale, y compris la coupure, sera de 153 cm.

B. — Antennes 2 éléments avec directeur

Les antennes à deux éléments 300 Ω et 75 Ω qui ont été décrites se composent d'un réflecteur et d'un radiateur.

Pour obtenir le maximum de puissance, il faut les orienter de telle façon que le bras soit dirigé vers l'émetteur avec le radiateur du côté de ce dernier, le plan de l'antenne *étant horizontal comme dans toutes les antennes pour FM.*

Deux autres antennes à deux éléments sont réalisables en remplaçant le réflecteur par un directeur.

L'aspect de l'antenne 75 Ω est donné par la figure 1 du présent chapitre.

Les dimensions sont :

B = 153 cm, valeur à respecter.

F = 2 à 4 cm, valeur non critique et qui peut être différente pour le radiateur et pour le réflecteur.

D_1 = 147 cm, valeur exacte.

d_1 = 70 à 80 cm, valeur non critique.

Signalons que l'impédance est de 68 Ω environ avec d_1 = 80 cm. Elle diminue si l'on réduit d_1 et augmente jusqu'à 73 Ω environ si d_1 augmente indéfiniment, mais si d_1 dépasse 80 cm, le gain de l'antenne décroît rapidement.

L'antenne de la figure 1 sera orientée vers l'émetteur de façon que celui-ci se trouve du côté du directeur D_1.

Rappelons que les câbles de descente doivent être de même impédance que l'antenne, 300 ou 75 Ω. L'antenne deux éléments 300 Ω avec radiateur et directeur se déduit de la précédente en remplaçant le radiateur rectiligne de la figure 1 par le radiateur replié de la figure 13 du précédent chapitre. Rien n'est modifié aux dimensions. Celles du radiateur replié sont A, B et D.

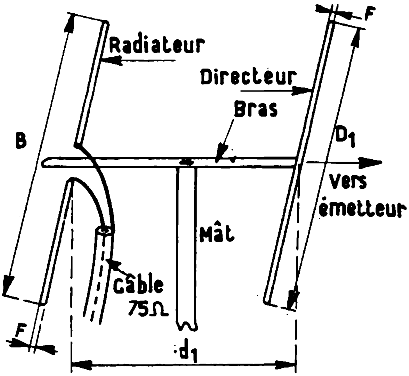


FIG. 1

A = 2 à 4 cm, valeur non critique,

B = 153 cm moins D,

D = 5 à 20 cm, valeur non critique.

Fixation du radiateur par le milieu du tube non coupé.

Branchement au récepteur dont l'entrée est de 300 Ω par un câble bifilaire de 300 Ω.

C. — Antennes à 3 éléments

On peut établir la composition d'une antenne à trois éléments de deux manières : un radiateur et deux directeurs ou bien un réflecteur, un radiateur et un directeur. C'est ce second type qui est toujours adopté.

La figure 2 donne le schéma de cette antenne qui procure un gain beaucoup plus grand que celui fourni par les antennes à deux éléments. Dans le modèle de la figure 2, l'impédance aux points de branchement est de 75 Ω et cela malgré l'emploi d'un radiateur replié de 300 Ω.

L'explication de cette contradiction purement apparente est la suivante : le radiateur replié a une impédance de 300 Ω à ses points de branchcment lorsqu'il est seul. Dès qu'on l'associe à des éléments dits parasites (réflecteur, directeurs) l'impédance diminue aux points de branchement à cause de l'influence de ces éléments.

Avec des antennes à deux éléments décrites plus haut, cette réduction est très faible car on a prévu des distances convenablement grandes entre radiateur et réflecteur ou entre radiateur et directeur.

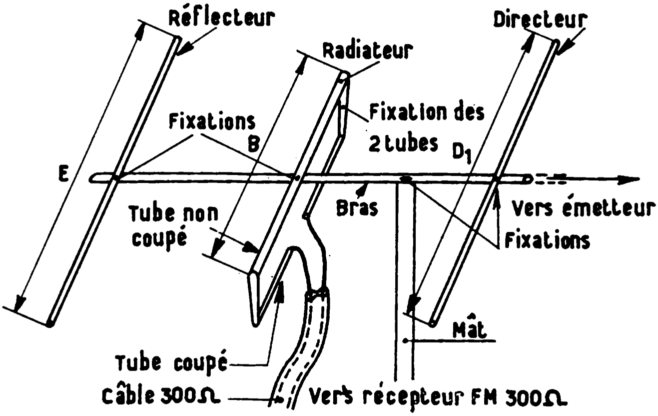


FIG. 2

Dans le cas de l'antenne de la figure 2, on réduit les distances d_1 et d_2 de manière que l'impédance de l'ensemble soit de 75 Ω.

Pour obtenir ce résultat on adoptera les dimensions suivantes :

E = 161 cm, valeur exacte,

B = 153 cm, moins D, (D = longueur des tubes de liaison du radiateur

D = distance d'axe en axe des tubes du radiateur,

= 5 à 20 cm, valeur non critique,

F = 2 à 4 cm, valeur non critique, (diamètre des tubes),

C = 1 à 4 cm, valeur non critique, (distance entre les points de branchement),

D_1 = 147 cm, valeur exacte,

d_2 = distance, entre éléments ; d_1 = 50 cm.

Voici comment trouver expérimentalement la valeur de la distance d_2 entre radiateur et directeur.

On réalise l'antenne comme indiqué avec d_2 = 50 cm, mais en prévoyant un bras avec une longueur suffisamment grande du côté indiqué

par la flèche (voir figure 2) pour que d_2 puisse être portée à 100 cm si nécessaire.

Pendant l'écoute d'une émission puissante, diriger l'antenne vers cette émission et faire varier la distance d_2 jusqu'au maximum de puissance de l'audition. Ce maximum correspond à la meilleure adaptation, ce qui permettra à l'antenne de transmettre au récepteur le maximum de puisssance.

Le réglage peut être amélioré en diminuant la sensibilité du récepteur ou en recevant une émission moins puissante.

Comme nous l'avons dit précédemment, il n'est pas obligatoire en FM que l'adaptation soit parfaite, mais si tel est le cas, on obtient le maximum de puissance.

D. — Antenne 3 éléments 300 Ω

Pour obtenir 300 Ω aux points de branchement du radiateur associé à un réflecteur et à un directeur suivant les dimensions de la figure 2, il est nécessaire que l'impédance du *radiateur seul* soit quatre fois (300 divisé par 75) plus grande que celle du radiateur replié visible sur la figure.

La résistance du radiateur qui le remplacera sera par conséquent 300.4 = 1 200 Ω.

Pour réaliser un radiateur de 1 200 Ω il faut adopter un modèle constitué par deux tubes dont le diamètre du tube coupé soit plus petit que celui du tube non coupé.

La figure 3 donne la composition d'un radiateur de ce genre qui ne diffère de celui de la figure 11, précédent chapitre, que par le fait que les diamètres des tubes sont inégaux.

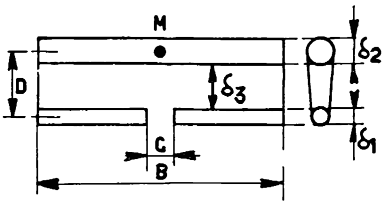


Fig. 3

Pour les dimensions autres que celles des tubes et leur écartement, il n'y a rien de changé. On a par conséquent les mêmes valeurs pour E, B, F (pour réflecteur et directeur), C, D_1, d_1 et d_2, avec le même procédé de mise au point pour d_2.

Les dimensions du radiateur de la figure 3 sont données par relations :

$$\delta_2 = 8\ \delta_1$$

$$D = 12\ \delta_1$$

Adoptons, par exemple, pour le tube coupé, un diamètre $\delta_1 = 5$ mm. On aura d'après les relations ci-dessus : $\delta_2 = 8\ \delta_1 = 4$ cm = diamètre du tube non coupé et $D = 12\ \delta_1 = 6$ centimètres = distance d'axe en axe entre les deux tubes radiateur.

On peut réduire δ_1 jusqu'à 2 mm, ce qui donnera :

$\delta_1 = 2$ mm,

$\delta_2 = 8\ \delta_1 = 16$ mm $= 1{,}6$ cm,

$D = 12\ \delta_1 = 24$ mm $= 2{,}4$ cm.

Ces radiateurs sont réalisables, car la distance δ_3 (voir figure 3) est égale à :

$$\delta_3 = D - 0{,}5\ (\delta_2 + \delta_1)$$
$$= 12\ \delta_1 - 4{,}5\ \delta_1 = 7{,}5\ \delta_1$$

ce qui signifie que si $\delta_1 = 5$ mm, $\delta_3 = 37{,}5$ millimètres et si $\delta_1 = 2$ **mm**, $\delta_3 = 15$ mm, ce qui laisse suffisamment de distance entre les deux tubes.

Il est toutefois conseillé de ne pas trop diminuer cette distance car en raison des vibrations causées notamment par le vent, la distance entre les deux tubes pourrait varier, ce qui provoquerait une sorte de « vibrato » au cours des auditions, vibrato d'ailleurs peu perceptible.

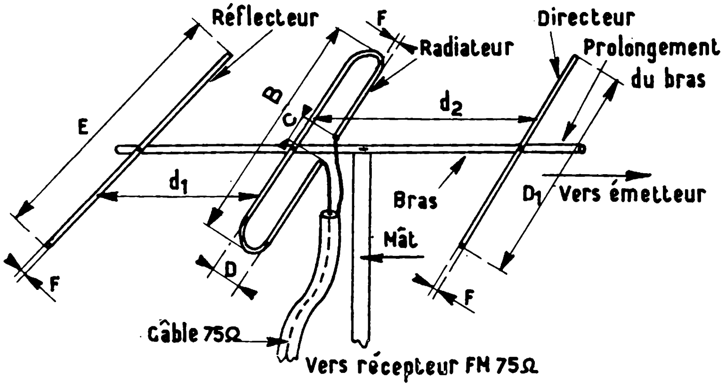


FIG. 4

La fixation du radiateur s'effectuera au point milieu du tube non coupé (point M, figure 3). Lorsque le plan de l'antenne sera disposé correctement, c'est-à-dire horizontalement, celui du radiateur sera vertical avec le tube coupé vers le bas.

La figure 4 donne l'aspect de cette antenne à trois éléments convenant au branchement à une entrée de récepteur FM de 300 Ω, à l'aide d'un câble bifilaire de 300 Ω également.

E. — Antennes à 4 éléments 75 Ω

Comme les antennes pour FM sont accordées sur une fréquence de l'ordre de 100 MHz ($\lambda = 3$ m) leurs dimensions sont relativement grandes et de ce fait la puissance captée est plus grande que celle des antennes de télévision de la bande 3 qui peuvent comporter un nombre élevé d'éléments, par exemple 12.

Il n'est donc pas nécessaire, normalement, de dépasser quatre éléments : un réflecteur, un radiateur et deux directeurs.

Le montage de l'ensemble s'effectue de la même manière que pour une antenne à trois éléments, il suffit de prévoir un directeur D_2 supplémentaire et d'effectuer convenablement l'adaptation pour obtenir aux bornes de branchement 75 Ω ou 300 Ω.

Considérons d'abord le cas d'une antenne prévue pour 75 Ω.

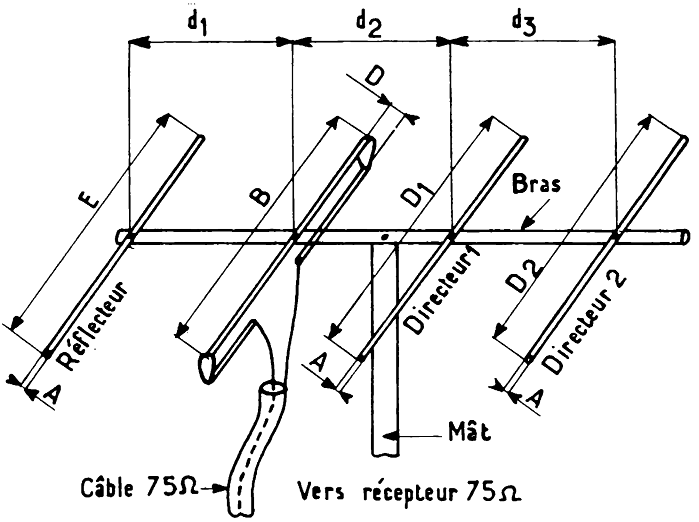


FIG. 5

Les deux points de branchement se situent au milieu du tube coupé.

On pourra la réaliser comme le montre la figure 5. Si le choix des écartements d_1, d_2 et d_3 entre les quatre éléments est convenable, il sera possible d'adopter un radiateur replié à tubes de diamètres différents.

Voici les dimensions des éléments de la figure 5 :

Longueur réflecteur E = 161 cm,

Radiateur B = 153 cm, moins D,

D, voir calcul plus loin,

A = 2 à 4 cm,

$C = 1$ à 4 cm, = distance entre les deux points de branchement.

$D_1 = 147$ cm,

$D_2 = 142$ cm,

Ecartement $d_1 = 58$ cm,

Ecartement $d_2 = 29$ cm,

Ecartement $d_3 = 58$ cm.

La réduction de l'impédance du radiateur due aux trois éléments parasites est de dix fois ce qui oblige à monter un radiateur de :

750 Ω pour une antenne de 75 Ω,

3 000 Ω pour une antenne de 300 Ω.

Pour 750 Ω, il suffira de réaliser un radiateur comme celui de la figure 3 comportant un tube coupé de diamètre δ_1 et un tube non coupé de diamètre $\delta_2 = 8\ \delta_1$ avec un écartement d'axe en axe $D = 24\ \delta_1$, ce qui donne, avec $\delta_1 = 2$ mm par exmple : $\delta_2 = 16$ mm et $D = 48$ mm.

Le « tube » de 2 mm sera une tige pleine très rigide afin que la distance D se maintienne tout le long du radiateur. Pour plus de rigidité, on pourra prendre $\delta_1 = 4$ mm, $\delta_2 = 32$ mm et $D = 96$ mm.

Pour la mise au point finale on modifiera la distance d_2 entre radiateur et direcetur 1.

La figure 5 est également valable pour obtenir une antenne de 300 Ω à condition d'utiliser un radiateur de 3 000 Ω seul.

Un tel radiateur est assez malaisé à réaliser aussi nous modifierons les écartements entre éléments pour que l'impédance du radiateur soit de 1 900 Ω seulement.

Dans ce but, on adoptera les mêmes dimensions que pour l'antenne de la figure 5, sauf en ce qui concerne d_2 qui sera de 58 cm au lieu de 29.

D'autre part, le radiateur sera à trois éléments comme celui schématisé par la figure 6.

Ce radiateur comprend trois tubes, deux non coupés de diamètre δ_2 et un coupé dont le diamètre S_1 est plus petit que δ_2.

La distance d'axe en axe des deux tubes non coupés est 2D, le tube coupé se trouvant à égale distance des deux autres.

On adoptera les valeurs suivantes :

$$\delta_2 = 5\ \delta_1$$

$$2D = 50\ \delta_1$$

ainsi, en prenant $\delta_1 = 2$ mm, on trouve :

$$\delta_2 = 10 \text{ mm}$$

$$2D = 100 \text{ mm.}$$

On obtiendra ainsi une antenne de 300 Ω qui sera mise au point en modifiant l'écartement d_2.

F. — Antennes à 5 éléments

Dans les cas de faibles réceptions on pourra ajouter encore un directeur 3 aux éléments d'une antenne à quatre éléments.

Ce directeur 3 sera distant du directeur 2 de $d_4 = 50$ cm.

Voici comment réaliser les radiateurs :

Pour l'antenne de 75 Ω, on se reportera à la figure 3 en adoptant les relations suivantes :

$\delta_2 = 10\ \delta_1 \quad D = 25\ \delta_1$

ce qui donne, avec $\delta_1 = 2$ mm :

$\delta_2 = 20$ mm $D = 50$ mm

et avec $\delta_1 = 5$ mm :

$\delta_2 = 50$ mm $D = 125$ mm.

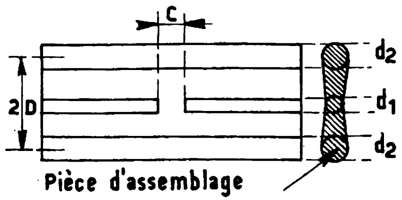


Fig. 6

Pour 300 Ω on réalisera une antenne comme celle à 4 éléments 300 Ω décrite plus haut mais dont le radiateur, constitué par trois tubes (figure 6), aura les dimensions suivantes :

$\delta_2 = 5\ \delta_1 \quad 2D = 25\ \delta_1$

Si l'on prend $\delta_1 = 2$ mm, on aura $\delta_2 = 10$ millimètres et $2D = 50$ mm.

CHAPITRE XXVI

ANTENNES F.M. SPECIALES

A. — Antennes de forme spéciale

En FM comme en télévision, il est nécessaire, dans certains cas, de pouvoir recevoir de toutes les directions, ce qui conduit à utiliser des antennes omnidirectionnelles.

La conception de ces antennes est facilitée par le fait que toutes les émissions à recevoir sont comprises dans une seule bande qui est celle de la modulation de fréquence.

En télévision, le problème se complique du fait que la bande totale se divise en quatre bandes depuis 40 MHz jusqu'à 890 MHz avec un nombre considérable de canaux, alors qu'en FM la bande totale est de l'ordre de grandeur de celle d'un seul canal TV. On peut donc dire que l'antenne FM est accordée sur une seule fréquence, d'où simplification, économie et efficacité.

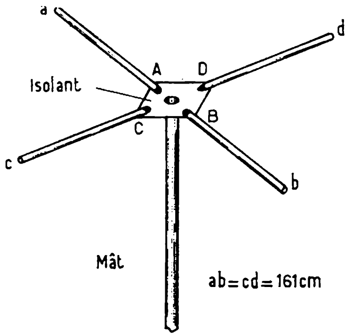


Fig. 1

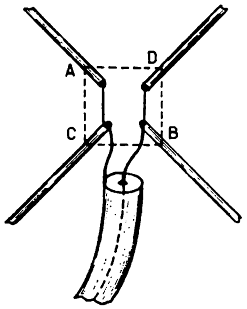


Fig. 2

B. — Antennes dipôles

La figure 1 représente une antenne omnidirectionnelle pour la FM. Elle se compose de deux radiateurs rectilignes dipôles demi-onde disposés en croix et dans un plan horizontal. Les points de branchement sont reliés comme l'indique la figure 2 : A à C et B à D. Le câble est à relier aux deux points ainsi obtenus ; par exemple, le conducteur intérieur à BD et la gaine extérieure à AC.

L'impédance aux points de branchement est $75/2 = 37,5\ \Omega$ environ correspondant à la mise en parallèle de deux antennes de 75 Ω chacune.

Pour obtenir 75 Ω, il faut recourir à un système d'adaptation.

On peut modifier le radiateur ou réaliser un adaptateur quart d'onde ($\lambda/4$).

Ce dispositif se réalise suivant le montage de la figure 3 dans lequel $Z_a = 37,5\ \Omega$ et Z_{ad} = impédance de l'adaptateur égale à :

$$Z_{ad} = \sqrt{37,5 \,.\, 75} = 52,87\ \Omega$$

On peut prendre $Z_{ad} = 53\ \Omega$, car on trouve dans le commerce des câbles de 53 Ω.

La longueur de l'adaptateur est :

$$l = k\ \lambda/4.$$

avec $\lambda = 322$ cm pour la bande FM et k égal à une valeur dépendant du câble. En général, on a $k = 0,66$ pour la plupart des câbles coaxiaux. Finalement, la longueur du câble adaptateur est :

$$l = 0,66 \,.\, 80,5 = 53,13 \text{ cm},$$

ou en arrondissant, $l = 53$ cm.

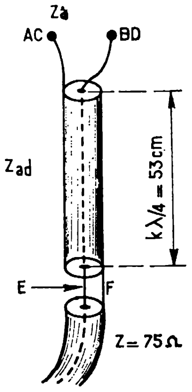


FIG. 3

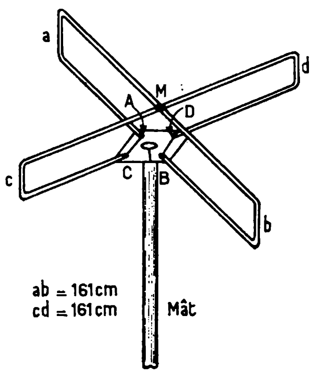


FIG. 4

Le montage pratique, suivant le schéma de la figure 3, se fait comme suit :

1° Effectuer les soudures entre les deux conducteurs du câble et les deux gaines au point de réunion des câbles 53 Ω et 75 Ω.

2° Disposer un manchon renforçateur par dessus le point de réunion. On utilisera un manchon en caoutchouc, du ruban ou du chatterton. L'essentiel est de bien consolider la jonction.

3° Souder ensuite les extrémités libres de l'adaptateur aux bornes de branchement de l'antenne.

C. — Antenne avec 2 « Folded »

Une antenne donnant les mêmes résultats peut être réalisée avec deux radiateurs repliés comme le montre la figure 4.

Les plans des radiateurs sont verticaux, les tubes sont évidemment horizontaux et réunis en leur milieu M par une soudure. Les points de branchement A, B, C, D, sont réunis deux par deux A avec C et B avec D. Le câble est relié en AC et BD.

L'ensemble de ces deux antennes de 300 Ω donne 150 Ω provenant de leur montage en parallèle. L'adaptation à 75 Ω est difficile avec un adaptateur λ/4 qui devrait avoir une impédance de 106 Ω environ, valeur peu usuelle.

On peut toutefois obtenir cette valeur en montant en « série » deux coaxiaux de 53 Ω comme l'indique la figure 5.

Cet ensemble de la figure 4 permet également d'obtenir une antenne de 300 Ω. Pour cela, il faudrait un adaptateur λ/4 de 212 Ω, valeur non courante, mais réalisable avec 3 câbles de 75 Ω montés en série comme le montre la figure 6 sur laquelle on a indiqué les branchements à l'antenne (point AC et BD) et au bifilaire de 300 Ω.

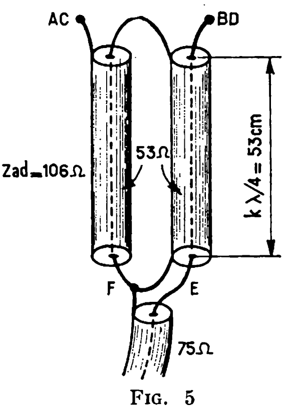


FIG. 5

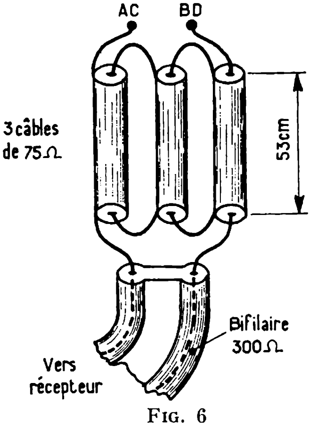


FIG. 6

Le gain des antennes omnidirectionnelles des figures 1 et 4 est de zéro décibel, c'est-à-dire le même que celui des antennes dipôles mais, contrairement à ces dernières, la réception est aussi bonne dans toutes les directions, alors qu'un dipôle ne reçoit que deux directions opposées.

Des antennes d'aussi grandes dimensions captent beaucoup de puissance et peuvent donner satisfaction pour la réception d'émetteurs proches et puissants.

Un plus grand gain peut être obtenu avec des antennes à deux ou trois étages, chacun composé d'une antenne omnidirectionnelle composée de deux demi-onde croisés.

D. — Antenne deux étages 75 Ω

Partons de l'ensemble de deux dipôles repliés de la figure 4. Pour simplifier le dessin, nous n'indiquerons que les points de branchement, A'C' et B'D' pour l'étage inférieur et A"C" et B"D" pour l'étage supérieur (*voir fig.* 7).

Chaque étage a une impédance de 150 Ω, puisqu'il comprend deux éléments de 300 Ω en parallèle. On voit immédiatement que le montage en parallèle des deux étages donnera 75 Ω. Il s'agit d'effectuer la liaison correcte entre les deux étages. Pour atteindre ce résultat, il faudrait disposer de câbles de 150 Ω qui sont peu courants.

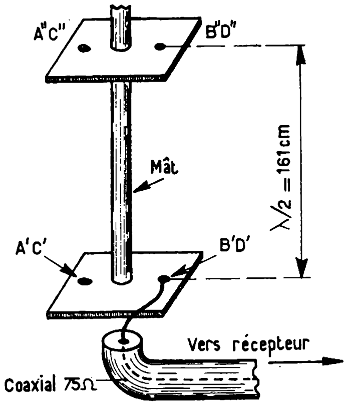


FIG. 7

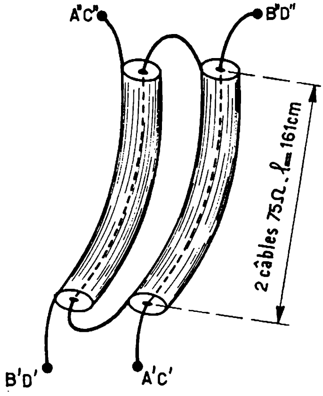


FIG. 8

On les réalisera, par conséquent, avec des câbles de 75 Ω (en série) ou de 300 Ω (en parallèle). Le montage en série de deux câbles coaxiaux a été indiqué sur la figure 5 à propos de la réalisation d'un adaptateur λ/4.

Comme la distance entre les deux étages est λ/2 = 161 cm, on prendra un tronçon de cette longueur comme celui de la figure 8.

Le câble ayant la même impédance que l'élément d'antenne, sa longueur est indifférente.

Par contre, pour mettre en phase les deux éléments distants de λ/2 de façon que les puissances fournies par chacun s'ajoutent, il faut croiser les connexions, comme l'indique d'ailleurs la figure 8 : le conducducteur relié à A"C" doit aboutir à B'D' et celui relié à A'C" aboutir à A'C'

On voit, d'autre part, sur la figure 7, que le câble coaxial de 75 Ω sera branché aux points A'C' et B'D' de l'étage inférieur, ce qui est pratique pour l'installation.

La liaison avec deux bifilaires de 300 Ω montés en parallèle, indiquée par la figure 8, donne les mêmes résultats. Avec ce dispositif, il est également nécessaire de croiser les branchements aux points A"C", B"D", A'C' et B'D' de la figure 7.

E. — Antennes deux étages 300 Ω

L'obtention d'une antenne de 300 Ω est facilitée par les valeurs numériques des impédances des différents éléments.

Considérons l'antenne de la figure 4, avec laquelle on réalisera un ensemble de deux étages suivant le schéma de la figure 7. Aux points A" C" - B" D" et A'C' - B'D' on a 150 Ω. Il s'agit d'obtenir deux séries de points de branchement présentant chacune 600 Ω. En montant ces deux impédances en parallèle, on obtiendra 300 Ω exactement (*voir fig.* 9).

Les adaptateurs λ/4 auront, par conséquent, une impédance égale à la moyenne géométrique de 150 Ω et 600 Ω qui est 300 Ω, ce qui permettra l'emploi du câble bifilaire de 300 Ω.

Nous donnons à la figure 10 les indications analogues à celles de la figure 7, qui étaient valables pour une antenne de 75 Ω.

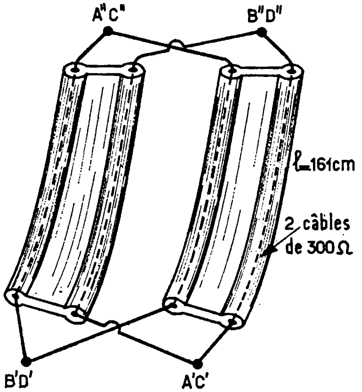


Fig. 9

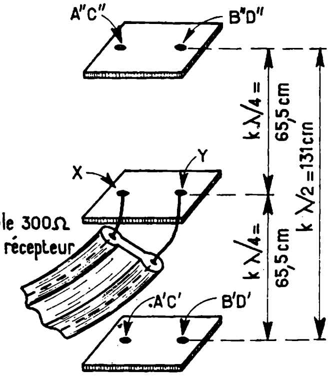


Fig. 10

Le branchement du câble de 300 Ω reliant l'antenne à l'entrée de 300 Ω du récepteur, s'effectuera à partir des point X et Y constitués par deux bornes montées sur une plaquette isolante.

Celle-ci est à mi-distance de deux plaquettes supérieure et inférieure, de sorte que si la distance totale entre les deux étages est k/2, la distance entre plaquettes et k λ/4.

La valeur de k n'est pas 1, mais 0,82, constante diélectrique du câble bifilaire de 300 Ω.

On a donc k $\lambda/2 = 0{,}82 \cdot 161 = 131$ cm et k $\lambda/4 = 65{,}5$ cm. lorsque le branchement se fait ainsi, il ne faut pas croiser les fils. Le branchement des adaptateurs $\lambda/4$ est d'ailleurs indiqué clairement sur les figures 10 et 11.

L'emploi de câbles 300 Ω à diélectrique solide comme adaptateurs, oblige à réduire la distance entre les deux étages, ce qui diminue quelque peu le gain de l'antenne.

Pour éviter cette diminution, on réalisera les liaisons avec une ligne bifilaire à air. Dans ce cas, les distances entre les plaquettes de la figure 10 seront $\lambda/2 = 161$ cm et $\lambda/4 = 80{,}5$ cm.

Les lignes bifilaires 300 Ω se réalisent comme le montre la figure 12, avec deux tubes métalliques.

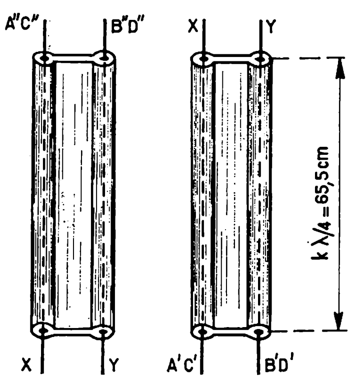


Fig. 11

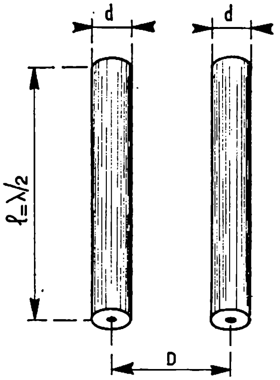


Fig. 12

Pour que l'impédance soit de 300 Ω, il faut que le rapport D/d soit égal à 6. Il est recommandé d'employer des tubes ayant le même diamètre que ceux utilisés pour les radiateurs, par exemple 1 à 4 cm de diamètre.

Soit d = 2 cm, par exemple. On a dans ce cas :

$$\frac{D}{d} = \frac{D}{2} = 6 \text{ d'où } D = 12 \text{ cm}$$

Il convient donc de réaliser les plaquettes isolantes, de façon que les bornes de branchement soient écartées de D = 6 d, dans notre exemple 12 cm.

Il ne faut pas dépasser cette valeur pour D pour une antenne FM dont la longueur totale des éléments est de 153 cm (0,95 $\lambda/2$).

Avec l'adaptation par ligne bifilaire à air, le gain de l'antenne à deux étages sera de 3 dB environ.

F. — Antennes bidirectionnelles

Il est rare que l'on reçoive des émissions de toutes les directions.

Dans la plupart des cas, une antenne bidirectionnelle peut convenir, à condition que ses angles de réception soient suffisamment grands comme ceux de l'antenne dont le diagramme de directivité est donné par la figure 13.

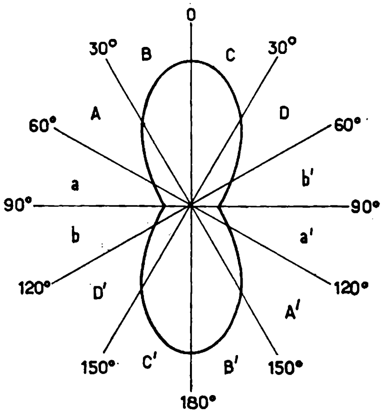


Fig. 13

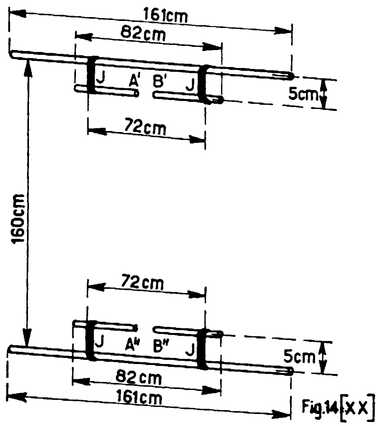


Fig. 14

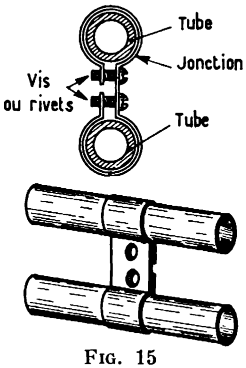


Fig. 15

Des zones d'excellente réception sont BC B'C', mais on reçoit encore suffisamment dans les zones AD, A' et D' et faiblement dans les zones restantes a, b, a' b'.

En somme, il s'agit d'orienter l'antenne de façon que les zones les moins favorables correspondent à des directions où il n'y a pas de réception possible.

Le gain dans les deux directions les plus favorables 0°-180° peut atteindre 4 dB avec deux dipôles et 7 dB avec trois.

Une antenne à deux étages, chacun composé d'un dipôle demi-onde est représentée par la figure 14.

Les deux dipôles sont à adaptation T et réalisés avec des tubes de 1,25 cm de diamètre extérieur.

L'impédance aux points A'B' et A"B" est 150 Ω, de sorte que la mise en parallèle de ces éléments donne 75 Ω.

On effectuera la liaison avec deux câbles de 300 Ω montés en parallèle comme ceux de la figure 9 et avec branchements croisés (A' et B" et B' à B"). Le coaxial de 75 Ω sera connecté en A"B".

Les adaptations T comportent des jonctions J dont nous donnons l'aspect à la figure 15. Il s'agit tout simplement de rubans métalliques recourbés autour des tubes.

CHAPITRE XXVII

ANTENNES NOUVELLES POUR CHAINES 1, 2 et 3

A. — Introduction

Les antennes et les installations collectives de transmission des signaux à haute fréquence, sont à nouveau à l'ordre du jour, car les progrès de la télévision et de la FM, exigent des dispositifs à meilleures performances à divers points de vue : directivité, gain, largeur de bande, préamplification, réception d'un plus grand nombre de canaux en un même endroit.

Ce dernier problème se pose dans les régions frontalières mais, il se posera bientôt dans tout le pays lors de la mise en fonctionnement des émetteurs TV de la troisième chaîne.

Cette mise en service s'effectuera probablement très bientôt.

Les promoteurs d'immeubles doivent dès maintenant s'intéresser aux caractéristiques des installations nouvelles d'antennes ou à la modification des installations existantes.

En ce qui concerne la couleur, il convient de le dire une fois de plus, il n'y a pas d'antenne *spéciale* pour la TV couleurs mais uniquement une antenne ayant d'excellentes caractéristiques pour recevoir en noir et blanc ; dans ce cas elle sera excellente également en TV couleur.

De même, il n'y pas lieu de s'inquiéter au sujet de l'emploi des transistors dans les récepteurs TV et radio. Il n'y a pas d'antenne spéciale pour appareils TV à transistors.

Les transistors et les circuits intégrés, sont utilisés dans les nouveaux montages amplificateurs ou préamplificateurs des installations collectives d'immeubles.

Lorsqu'un immeuble comporte un nombre considérable d'appartements, il est évident qu'il ne suffira pas qu'une ou plusieurs antennes captent des signaux de bonne qualité. Il faut aussi que la puissance captée soit distribuée en quantité suffisante aux nombreux utilisateurs ce qui conduit à amplifier en puissance, les signaux captés par les antennes.

Cette amplification doit, bien entendu, être fidèle et ne pas ajouter des signaux parasites aux signaux à amplifier.

Des progrès ont été réalisés aussi dans la construction des antennes. Bien que l'antenne Yagi soit toujours la plus répandue, on s'intéressera également à d'autres types d'antennes, notamment à l'antenne *lambda V* dont les caractéristiques seront mises à profit pour la réception de deux chaînes UHF (2e actuelle et 3e à venir).

Donnons la description de l'antenne lambda V qui est construite par PORTENSEIGNE.

B. — Antenne lambda V

Cette antenne devra convenir particulièrement bien dans les installations d'antennes recevant, les UHF chaîne 2 et plus tard les UHF chaîne 3, avec une même antenne.

En effet, une antenne lambda V est à bande large afin qu'elle puisse recevoir, selon son type, plusieurs canaux UHF, par exemple les suivants : 21 à 29, 21 à 40, 21 à 47, 21 à 61, 21 à 65.

Il sera donc possible, quels que soient les canaux UHF des chaînes 2 et 3, de trouver une antenne de ce genre pouvant les recevoir dans de bonnes conditions.

Remarquons que l'affectation des canaux des chaînes 3 et même 4 sera telle que ceux-ci seront associés au canal de la chaîne 2.

Les canaux recevables pour un des types d'antennes lambda V ayant été indiqués plus haut, il y a aussi pour chaque type une gamme plus restreinte de canaux pour lesquels le gain sera le plus élevé.

Dans ces conditions, on peut établir le tableau I ci-après qui contient trois colonnes : type, bande large, bande spéciale la plus favorisée :

TABLEAU I

Type	Canaux (L)	Canaux (R)
410 21 29	21-29	21-29
410 21 40	21-40	29-40
410 21 47	21-47	37-47
410 21 61	21-61	47-61
410 21 65	21-65	57-65

Il va de soi que l'on choisira le type d'antenne d'après la troisième colonne si les divers canaux recevables dans la région font partie de la bande restreinte R.

La largeur de bande en MHz peut se déterminer aisément, sachant que les canaux disposent d'une largeur de bande de 8 MHz chacun. Donc dans la bande large L, l'antenne 410 21 47 par exemple, aura une bande de 27 fois 8 = 216 MHz et une bande réduite R de 11 fois 8 = 88 MHz.

On remarquera que la largeur de bande restreinte diminue à mesure que la fréquence est plus élevée.

Les caractéristiques générales de ces types sont données ci-après : gain en décibels : 18,5 à 19,5 par rapport à la source isotrope, rapport AV/AR > 25 dB.

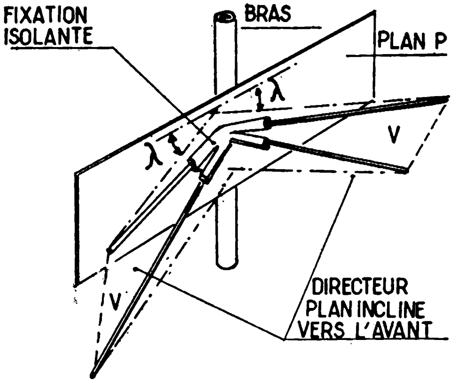


Fig. 1

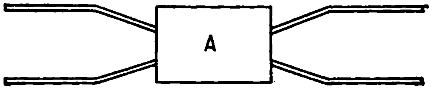


Fig. 2

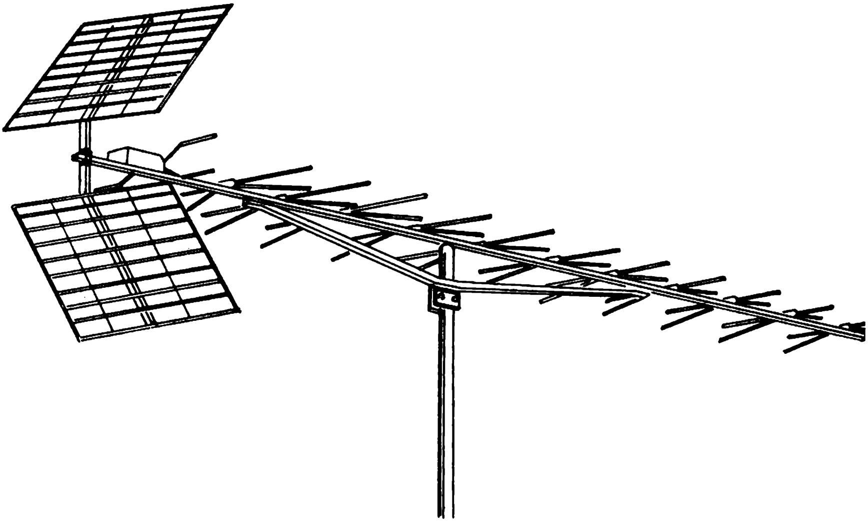


Fig. 3

Ces antennes ont une impédance propre de 300 Ω et dans ce cas elles peuvent être branchées en symétrique, à un câble bifilaire de 300 Ω. Comme, en France et dans de nombreux autres pays, l'impédance usuelle est de 75 Ω on a utilisé pour les antennes lambda V, un adaptateur 300 à 75 Ω qui, de plus, effectue, aussi la transposition symétrique à asymétrique.

En effet, le branchement du câble coaxial de 75 Ω exige deux points, l'un chaud, l'entrée au potentiel de la masse, en HF.

C. — Construction de l'antenne lambda V

Cette antenne comprend un bras à orienter horizontalement, sur lequel sont montés, dans un plan également horizontal, les éléments directeurs et radiateurs. Le réflecteur se compose de deux plans faisant entre eux un angle obtus. Ces plans sont réalisés pratiquement par un ensemble de tiges entrecroisées.

Les directeurs ont un forme qui justifie la dénomination de lambda V.

Considérons la figure 1 et le directeur dessiné vers le bas de la figure. On voit qu'il se compose de deux moitiés chacune consituant un V réalisé avec deux tiges faisant entre elles un angle aigu.

De plus, le plan de chaque V ainsi constitué, fait un angle λ, avec un plan P perpendiculaire au bras. Le radiateur est de forme un peu différente que l'on peut voir sur la figure 2. Les quatre tiges sont fixées sur le boîtier de raccordement A qui contient l'adaptateur symétrique à asymétrique 300 à 75 Ω.

La figure 3 donne l'aspect d'une antenne composé du réflecteur, du radiateur avec son boîtier de raccordement et d'adaptation et de 21 directeurs. Il existe des antennes à 21 directeurs dont on a donné les caractéristiques plus haut, des antennes à 9 directeurs et des antennes à trois directeurs.

L'antenne à 9 directeurs existe en trois types pour canaux, 21-33, 29-47 ou 47-65 avec un gain de 15,5 à 16,5 dB et un rapport AV/AR $>$ 25 dB.

L'antenne à 3 directeurs a un gain de 11,3 à 13,5 dB, un rapport AV/AR $>$ 24 dB et la bande très large comprenant tous les canaux UHF, 21 à 65.

D. — Avantages

En tenant compte des gains obtenus avec ces antennes on constate immédiatement qu'ils sont de loin supérieurs à ceux des antennes Yagi à même nombre d'éléments et ayant une même bande de réception de canaux.

Pour expliquer cette augmentation de gain, considérons d'abord une antenne Yagi. Dans le cas d'une antenne de ce genre le gain augmente lorsqu'on augmente le nombre des éléments directeurs et lorsqu'on diminue la largeur de bande.

La diminution de la largeur de bande se fait en réalisant des directeurs dont la décroissance des dimensions est moindre.

Dans le cas d'une antenne lambda V, on a réussi à ne pas réduire la bande tout en maintenant le gain désiré de la manière suivante : en remplaçant les tiges rectilignes des antennes Yagi par des V inclinés vers la direction de l'émetteur possédant des largeurs de bande propres supérieures si les deux angles caractéristiques des V inclinés sont calculés convenablement.

Remarquons aussi l'amélioration de la directivité, due également au réflecteur à deux plans inclinés et à grande surface.

E. — Diagrammes de directivité

Une bonne connaissance des performances d'une antenne est obtenue de l'examen des diagrammes de directivité. La figure 4 donne une exemple de diagrammes correspondant à l'antenne type 410 21 29. Le diagramme du haut a été établi d'après mesures effectuées à f = 487,25 MHz donc vers les fréquences les plus basses de la bande. Celui du bas a été établi pour f = 519,25 MHz donc vers les fréquences les plus élevées.

Sur les deux diagrammes on peut voir que la directivité est excellente.

En effet pour le canal 23 (f = 487,25 MHz pour la porteuse vision) le lobe principal est inclus dans un angle de 40° et il en est de même pour le canal 27 (f = 519,25 MHz). Cependant la forme des lobes montre que la directivité est légèrement meilleure aux fréquences plus élevées.

Remarquons le peu d'importance des autres lobes. Des mesures effectuées avec les types destinés aux fréquences plus élevées, ont conduit à des diagrammes de même forme inscrites dans des angles de 40° environ.

La directivité poussée est une qualité ou un défaut selon le cas.

C'est une qualité si, tous les émetteurs à recevoir sont, à peu près dans une même direction. Dans ce cas l'avantage de la directivité poussée se traduit par une moindre réception de signaux autres que ceux désirés, donc meilleure sélectivité.

Par contre si les émetteurs à recevoir ne sont pas dans la même, ou presque la même direction, l'antenne recevra moins bien ou même pas du tout certains d'entre eux. Il semble toutefois que pour une *même région,* tous les émetteurs seront situés au même endroit et de ce fait, la bonne directivité ne sera qu'un avantage.

F. — Gain et adaptation

Lorsqu'une antenne est à bande large ou relativement large par rapport à la bande la plus étroite (celle qui ne correspond qu'à un seul canal), il est évident que le gain et l'adaptation varieront avec la fréquence c'est à-dire avec le canal reçu.

L'art du réalisateur de l'antenne est de réduire autant que possible cette variation afin de maintenir les caractéristiques, entre les limites admissibles pour tous les canaux recevables.

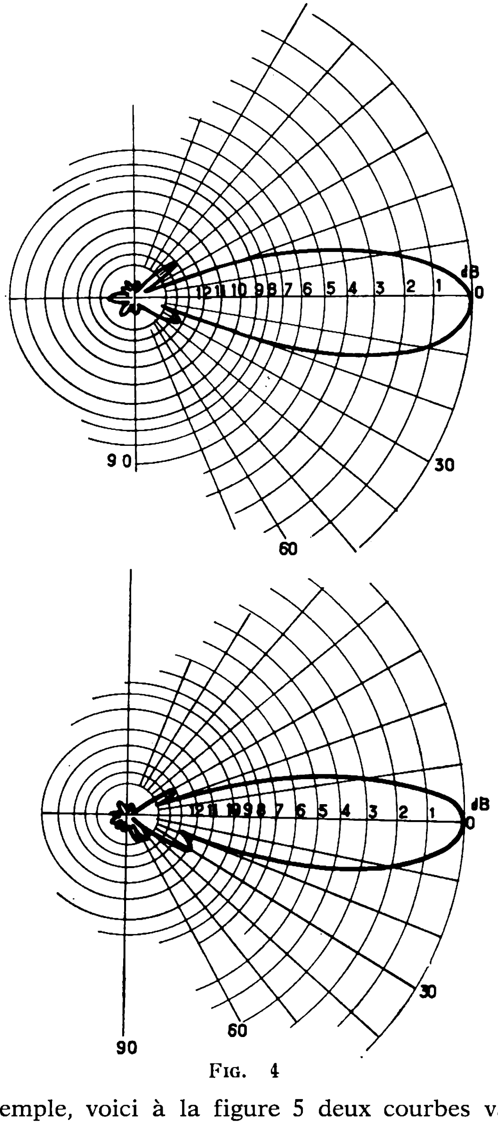


FIG. 4

A titre d'exemple, voici à la figure 5 deux courbes valables pour le type 410 21 29 dont on a donné le diagramme de directivité à la figure précédente.

La courbe supérieure donne le gain en décibels et la courbe inférieure le pourcentage de désadaptation.

La partie à gauche du plan des courbes correspond à la bande restreinte favorisée tandis que la totalité du plan : partie de gauche + partie de droite correspond à la bande totale.

On constate que le maximum de gain est obtenu par le canal 28 et le minimum de désadaptation, environ K = 7 % pour le même canal.

On a indiqué en ordonnées deux gains : le gain absolu, par rapport à la source isotropique et le gain relatif (de 2 décibels moindre que le précédent) par rapport à un dipôle demi-onde rectiligne.

Les canaux sont inscrits en abscisses de 21 à 29 dans la zone favorisée. L'extension aux canaux 30 et 31 est possible sans réduction importante des résultats obtenus.

Voici aussi les données numériques pour un autre type, le 410 21 61. Le gain varie entre 13 dB absolus (canal 21) et 20 dB (canal 57) pour revenir à 18 dB par le canal 61.

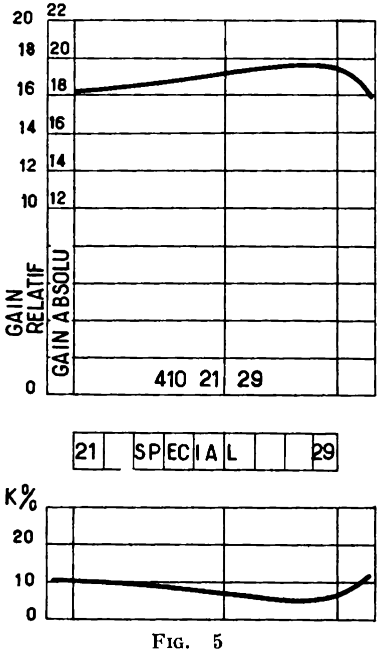


Fig. 5

Dans la bande restreinte favorisée des canaux 47 à 61, le gain varie de 18 à 20 dB seulement et la désadaptation de 5 % à 0 %, donc, pour ce type d'antenne, des performances excellentes.

L'antenne lambda V est évidemment une des meilleures solutions pour la réception de plusieurs canaux UHF, compris dans une certaine bande et dont les directions des émetteurs sont identiques ou presque.

Nous ne conseillons pas aux amateurs même très adroits pour les travaux de mécanique de tenter la construction de cette antenne pour diverses raisons. La plus importante est que sa construction doit obéir à des règles précises aussi bien en ce qui concerne les dimensions qu'en ce qui concerne le choix des parties composantes de cette construction à la fois mécanique et électronique.

En UHF les parties isolantes doivent être choisies avec soin.

La robustesse est indispensable et est garantie par le constructeur de l'antenne qui l'a *réalisée selon les normes de sécurité en vigueur.*

Le deuxième arguement, qui est aussi bon que le premier est que cette antenne n'est vraiment pas chère et qu'un amateur qui voudrait la reproduire, même approximativement, perdrait beaucoup de temps pour effectuer un *travail sans gloire* (car il s'agirait d'imiter et non de créer) et pour un prix de revient plus élevé que celui de l'antenne provenant de son constructeur.

G. — Filtre pour amplificateurs

Le constructeur de l'antenne lambda V décrite plus haut, propose en même temps, une série de filtres complémentaires pour amplificateurs toutes bandes.

Cette nouveauté est particulièrement intéressante pour réduire les troubles de réception dans les installations collectives.

En effet, un amplificateur à bande large amplifie tous les signaux dont la fréquence est comprise dans la bande considérée. De ce fait, certains signaux indésirables sont amplifiés en même temps que les signaux utiles et il est nécessaire de les éliminer.

A cet effet on peut utiliser des filtres appropriés pour chaque signal parasite pour un ensemble de signaux parasites. Remarquons que ces signaux se manifestent généralement dans certaines zones d'un pays, proches des émissions indésirables. Parmi ces émissions à éliminer citons les suivantes : émetteurs de télécommunications (autres que ceux désirés) radiotéléphones, radio-amateurs.

En tenant compte des fréquences de ces émetteurs, on a pu établir quatre filtres spéciaux.

1° filtre de bande pour la bande I avec réjecteur fixe vers 72 MHz (type 0155000).

2° filtre de bande pour la bande II (PM) (type 0255000).

3° filtre de bande pour la bande III muni d'un réjecteur ajustable entre 140 et 160 MHz (type 0355000).

4° réjecteur UHF à réjection réglable dans les bandes IV et V (type 0455000).

On monte ces filtres en amont de l'amplificateur et sont raccordés à son entrée. Il est possible d'utiliser des filtres, seuls ou plusieurs ensemble selon le problème particulier qui se pose en chaque endroit où il y a perturbation.

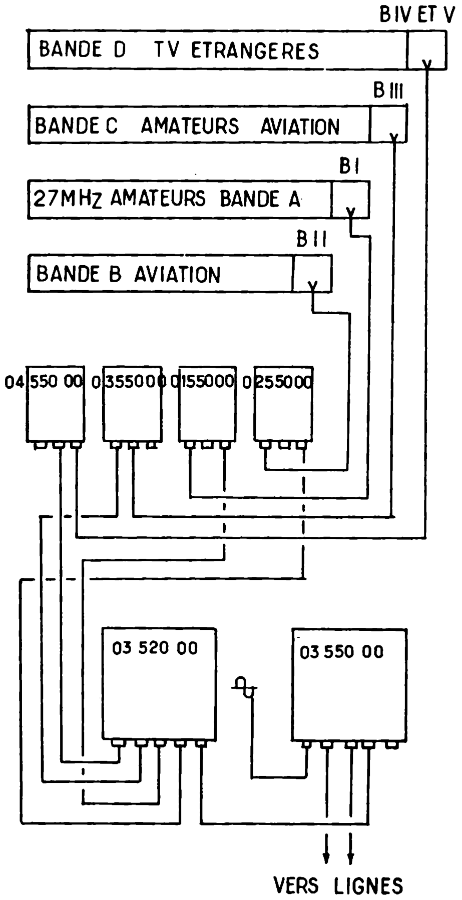


Fig. 6

H. — Caractéristiques des filtres

Tous ces filtres présentent certaines caractéristiques communes concernant leur présentation, la nature du montage, les dimensions.

Voici les principales caractéristiques communes de ces quatre filtres.

- Présentation : boîtier plastique étanche au ruissellement.
- Circuits imprimés tropicalisés.
- Raccordement aux câbles par bornes et pontets.
- Utilisation intérieure : fixation murale amovible.
- Possibilité de montage extérieur à l'aide d'une fixation sur mât.
- Dimensions 120 × 140 × 70 mm.

La figure 6 donne un diagramme fonctionnel simplifié d'un montage dans lequel sont insérés les quatre filtres dans le cas où ils seraient tous nécessaires.

En haut sont indiquées les antennes convenant dans les quatres bandes usuelles : la bande II FM perturbable par des émissions d'aviation, la bande I TV pouvant être perturbée par des émissions d'amateurs à 27 MHz, la bande III TV pouvant être perturbée par des amateurs, aviation, la bande des UHF (IV et V) sujette à des perturbations provenant d'émissions TV étrangères.

Le montage d'un filtre est réalisé de la manière suivante : l'entrée du filtre est reliée à l'arrivée du câble dont l'autre extrémité est conectée à l'antenne. La sortie du filtre est reliée à l'une des quatre entrées de l'amplificateur 0252000 ou 0352000. La sortie de cet amplificateur est reliée à l'entrée du 0358000 boîtier de liaison et d'alimentation possédant, outre l'entrée du signal, l'entrée du courant alternatif du secteur et les deux sorties des signaux à relier aux lignes de répartition de signaux de l'immeuble. Il va de soi que si un filtre n'est pas nécessaire l'antenne est reliée directement à l'entrée correspondante de l'amplificateur 0252000 ou 0352000.

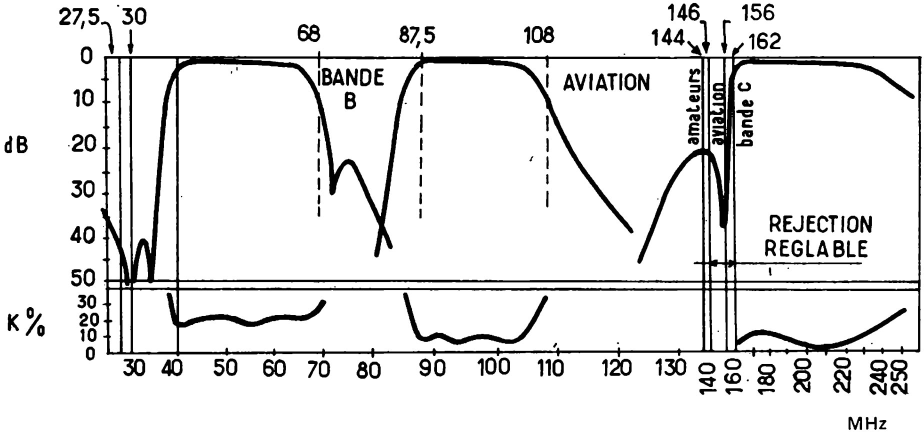


Fig. 7

La figure 7 donne les courbes de transmission des filtres pour les bandes I, II, et III.

En abscisses sont inscrites les fréquences depuis 20 MHz jusqu'à 260 MHz donc couvrant toutes les bandes TV et FM avec extension dans les bandes voisines, au-dessous et au-dessus de chacune.

Les bandes perturbatrices sont :

Au-dessous de 40 MHz : bande 27 MHz, amateurs, bande A.

Au-dessus de 66 MHz : bande B.

Au-dessus de 118 MHz : bande aviation s'étendant jusqu'à vers 144 MHz, puis la bande amateurs 144 MHz, ensuite une bande étroite aviation vers 150 MHz et la bande C vers 160 MHz.

A partir de 160 MHz environ, commence la bande III TV.

En ordonnées sont inscrites les atténuations en dB. L'effet d'un filtre est d'autant plus prononcé que l'atténuation qu'il effectue est représentée par un nombre plus élevé de dB.

Les courbes inférieures représentent la désadaptation K en pourcentage.

I. — Filtre bande I

Avec ce filtre on obtient une forte réjection, supérieure à 35 dB contre les brouillages entre 26,1 et 27 MHz, ce qui est efficace contre les émissions, les radio-téléphones de la bande 27 MHz.

Ce filtre atténue également entre 28 et 29,7 MHz (amateurs) et entre 30 et 41 MHz, bande A.

Grâce à diverses propriétés intrinsèques des antennes pour la bande I, les perturbations dans la bande B, 68 à 87,5 MHz sont moins prononcées et la protection prévue est plus faible comme on le voit sur la courbe dans la région de la bande B. On trouve, pour cette bande, un circuit réjecteur vers 72 MHz. Cette fréquence est utilisée en bande B. De plus 72 MHz est la fréquence harmonique 3 de 27 MHz. Sur la bande I utile, l'atténuation est inférieure à 1,5 dB et est représentée par la partie plate supérieure de la courbe. Une désadaptation de 20 % est produite dans la bande I.

J. — Filtre bande II

Partons de 80 MHz, fréquence pouvant être considérée comme une frontière choisie arbitrairement entre les bandes I TV et II FM. On se trouve dans la zone de perturbation de la bande B. La transmission est excellente entre 87,5 MHz et 108 MHz et l'atténuation dans la partie utile de la bande II est moindre que 1,5 dB avec une désadaptation de 5 à 10 %. Remarquons qu'en radio, la désadaptation ne donne pas lieu à des distorsions mais elle peut provoquer une diminution de gain et une modification du rapport signal sur souffle. Il est donc intéressant, même en FM que la désadaptation soit de faible pourcentage.

Le maximum de réjection aux brouillages s'effectue, à l'aide du filtre 0255000, dans la bande B, 68 à 87 MHz dans laquelle il existe un trafic important de radiotéléphonie.

A partir de 108 MHz, la courbe est rapidement tombante pour obtenir une atténuation de 40 dB vers 122 MHz.

K. — Filtre bande III

L'action de ce filtre s'exerce entre 125 et 260 MHz comme on peut le voir sur la courbe de la figure 7.

Dans la bande utile comprise entre 160 MHz et 230 MHz l'atténuation est moindre que 1 dB.

Ce filtre possède une réjection dont la fréquence est réglable entre 140 et 160 MHz. Sur la figure les deux flèches indiquant cette possibilité. Il est ainsi possible d'atténuer de 40 dB environ les signaux aux fréquences suivantes : 144 à 146 MHz (bandes d'amateurs) 146 à 156 MHz (aviation) et 156 à 162 MHz (bande C) bande de trafic téléphonique important.

Aux fréquences supérieures à celles de la bande III, les perturbations sont dues au trafic aérien UHF mais ces stations ont une puissance moyenne et sont toujours assez éloignées des antennes collectives, donc ne nécessitent pas des dispositifs particuliers de protection.

L. — Filtre pour bandes IV et V

Avec les bandes IV et V on se trouve dans le domaine des UHF dont l'importance grandit de plus en plus car c'est dans ces bandes que s'effectuent les émissions actuelles de la 2ᵉ chaîne. De plus les futures émis-

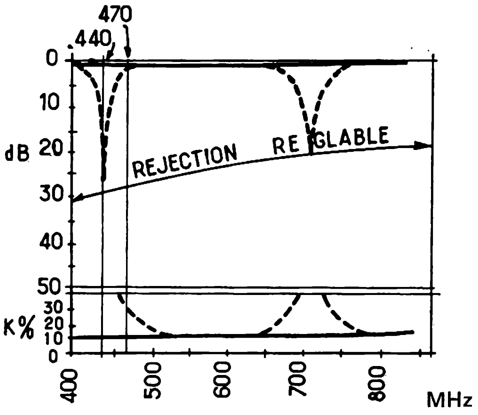


Fig. 8

sions de la 3ᵉ et autres chaînes seront en UHF et, bien entendu, la couleur de la chaîne 2 exige au moins autant que le « noir et blanc », une réception aussi pure que possible.

La figure 8 donne deux courbes, la courbe supérieure est celle d'atténuation due au filtre 0455000. La courbe inférieure représente la désadaptation.

La transmission dans la bande des UHF ne subit qu'une atténuation moindre que 1 dB. Par contre là ou il y a réjection, l'atténuation atteint 20 à 25 dB.

Cette réjection est réglable en fréquence, dans toute la bande UHF et au-dessus de la limite inférieure, à partir de 400 MHz. Tout signal brouilleur peut être fortement atténué en réglant la fréquence d'accord du réjecteur.

Comme le réglage peut s'effectuer entre 400 et 900 MHz, on pourra éliminer des signaux parasites de la bande D (vers 450 MHz) ainsi que tout signal d'émission TV UHF, étrangère. Remarquons que l'atténuation est meilleure vers les fréquences les plus basses (27 dB à 450 MHz) et un peu moindre aux fréquences plus élevées (24 dB à 700 MHz).

La désadaptation est de 10 % en maximum dans toute la bande UHF utilisée sauf là où il y a réjection.

M. — Modules amplificateurs

Dans une installation collective, si l'on désire préamplifier tous les signaux captés par les antennes TV et FM, à l'aide d'un seul amplificateur, celui-ci devra fonctionner avec un bon rendement sur la très large bande comprise entre 40 et 860 MHz.

Dans de nombreux cas, on peut désirer utiliser des amplificateurs séparés à bande étroite ne laissant passer en TV qu'un seul canal et en FM la bande II s'étendant de 87,5 MHz à 104 MHz.

De tels, amplificateurs, conviendront très bien dans de nombreuses localités où un seul canal est reçu dans les bandes VHF et UHF.

Avec un amplificateur spécialisé, à bande étroite on obtient de nom breux avantages : gain plus élevé, rapport signal sur souffle meilleur.

Il va de soi que des appareils pour antennes collectives doivent aussi être robustes et posséder une très grande stabilité de fréquence.

Le constructeur cité (Portenseigne) a réalisé la série *Performance* qui se caractérise comme suit : alimentation stabilisée électroniquement, gain réglable dans une dynamique de 20 dB, application commutable du courant à 24 V à l'entrée de chaque amplificateur pour l'alimentation à distance ainsi que d'autres avantages concernant leur branchement. Il existe quatre types : pour bande I, bande III et bandes IV-V et mixte AM/FM.

Voici à titre d'exemple les caractéristiques du type 42530 pour la bande des UHF : impédance nominale 75 Ω, gain réglable entre 15 et 35 dB, bande passante à ± 1 dB, 8 MHz (donc juste un seul canal) bande passante à ± 3 dB : 13 MHz, transistors : 3 × BFY90, 2 × BFW16A, facteur de souffle ⩽ 10 dB, consommation sur 24 V : 103 mA ± 5 mA, dimensions 194 × 41 × 108 mm, raccordements coaxiaux à l'entrée et aux deux sorties.

N. — Filtres simples pour amateurs

La meilleure solution reste toujours l'acquisition d'un filtre du commerce.

Voici toutefois le principe d'un filtre simple. Les circuits accordés LC parallèle en série peuvent servir de filtres éliminateurs. Soit f_o la fréquence médiane d'une bande à éliminer.

Si le circuit accordé sur f_o est du type LC parallèle son impédance sera très élevée à $f = f_o$ et si on le monte en série dans le conducteur reliant l'antenne à l'entrée du récepteur, il s'opposera au passage d'un signal à la fréquence f_o.

De même, un circuit LC série, accordé sur f_o, monté en parallèle, sera d'impédance très faible à $f = f_o$ et court-circuitera ce signal vers la masse.

Des filtres éliminateurs de bande plus compliqués sont réalisables avec des réseaux LC plus complexes dont le calcul est toutefois facile. Leur réalisation nécessite des appareils de mesure des capacités et des self-inductions ce qui rend souvent, pour un amateur, leur réalisation et leur mise au point, assez difficile.

Le chapitre VIII donne toutes les précisions au sujet des filtres utilisables pour la réception TV.

CHAPITRE XXVIII

ANTENNES SUR VEHICULES

A. — Généralités

La plupart des conditions de bonne réception de la TV et de la FM obtenue à l'aide d'antennes, ne sont pas remplies par celles-ci lorsqu'elles doivent être placées à bord de certains véhicules terrestres.

Parmi ceux-ci, on considérera ici, les voitures automobiles seules, les caravanes tirées par une automobile et les cars qui ne sont en réalité que des automobiles de plus grandes dimensions.

On verra que certains aspects du problème des antennes TV et FM ne sont pas les mêmes pour ces trois catégories de véhicules en raison de leurs dimensions.

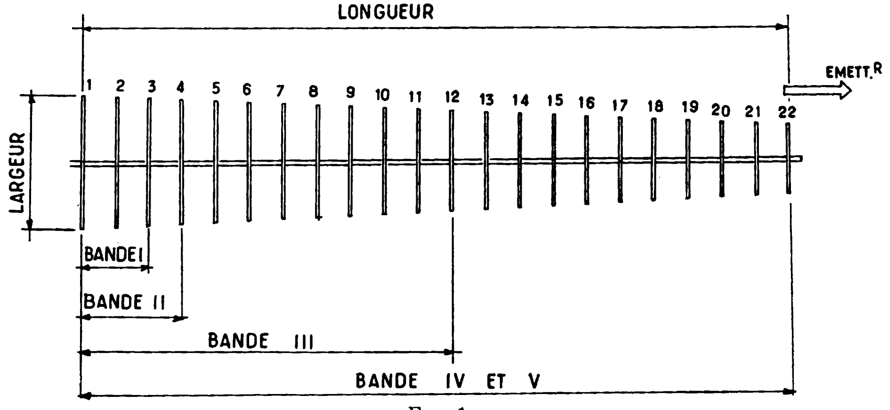


Fig. 1

Afin de déterminer les conditions particulières de réception à bord de véhicules, rappelons d'abord quelles sont les conditions générales de *bonne réception* en TV et FM à l'aide des antennes que la technique actuelle met à la disposition des utilisateurs. Ces conditions se déduisent des caractéristiques des antennes dont les dimensions sont du même ordre de grandeur que la longueur d'onde moyenne des émissions à recevoir :

Dimensions : pour antennes Yagi, l'antenne est inscrite dans une surface de $\lambda/2$ environ de largeur et de $\lambda/2$ à 3 λ de longueur. Ainsi si f = 600 MHz, λ = 50 cm, $\lambda/2$ = 25 cm et une antenne UHF à grand nombre

d'éléments peut avoir une largeur de 50 cm environ et une longueur de 50 cm à 2 m. Ce sont des dimensions du même ordre de grandeur que celles du toit d'une voiture (voir figure 1).

Par contre si f = 200 MHz (VHF bande III) on a λ = 1,5 m et les dimensions de l'antenne Yagi seront de 75 cm de largeur et de 75 cm à 2 m de longueur car en bande III le nombre des éléments peut-être moindre qu'en UHF. Une antenne de 75 × 200 on peut encore se monter sur une automobile.

En passant ensuite à f = 100 MHz (bande II - FM), on a λ = 3 m, $\lambda/2$ = 1,5 m et, avec 4 éléments, une antenne pour FM aura comme dimensions, 1,5 × 2 m, ce qui est à peine admissible sur un toit de voiture automobile.

A f = 50 MHz (bande I de la TV) les choses se gâtent. Pour cette fréquence λ = 6 m, $\lambda/4$ = 1,5 m et avec 2 ou 3 éléments seulement l'antenne pour 50 MHz aura les dimensions de 3 × 2 m environ ce qui est excessif sur un toit de voiture.

D'autres emplacements sont possibles à bord d'une voiture, par exemple sur la malle arrière ou sur le devant, comme les antennes automobiles ; mais si l'on adopte la forme Yagi, les antennes gêneront la visibilité et ne pourront pas être montées sur le devant ni même sur les ailes (voir figure 2).

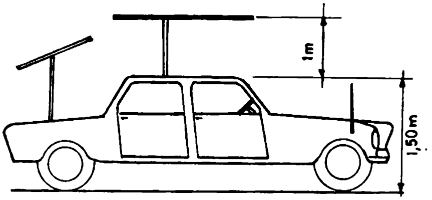


Fig. 2

Au point de vue des dimensions deux autres difficultés sont à mentionner : d'ordre esthétique et celles de montage d'antennes pour polarisation verticale en bandes I et III. Dans ce cas en effet, le plan de l'antenne est vertical et la hauteur du véhicule plus celle de la largeur $\lambda/2$ environ de l'antenne, peut devenir prohibitive. En effet pour la bande I, la hauteur totale peut être de 1,5 m (voiture) + 1,5 m (antenne) soit 3 m ou plus donc difficultés en cas de passage sous certains ponts ou dans certains tunnels ou garages (voir figure 2).

A bord des caravanes, les dimensions des antennes TV et FM peuvent être normales car on ne se servira des antennes que pendant l'arrêt de la caravane donc, l'antenne pourra être montée et ensuite démontée. Si toutefois les récepteurs sont à bord des automobiles tractrices, le problème se ramène à celui des antennes à bord d'automobiles.

On a toutefois la possibilté de monter les antennes sur la caravane et les signaux seront transmis par câble jusqu'à la voiture.

B. — Hauteur des antennes

Par hauteur d'une antenne, on entend sa hauteur par rapport au sol. Une antenne radio, TV ou pour toute autre application doit être placée aussi haut que possible afin de la soustraire du champ des parasites de toutes sortes. De plus, en TV et FM, plus une antenne est haute, mieux les émissions lointaines seront reçues car en bandes I à V, les ondes se propagent à peu près comme la lumière.

On a vu plus haut que la hauteur maximum d'une antenne sur voiture ne doit pas être supérieure à 2 ou 3 m par rapport au sol ce qui est peu favorable au point de vue parasites et portée.

C. — Le gain

Pour obtenir un grand gain, c'est-à-dire un nombre important de µV aux bornes du récepteur TV ou FM, l'antenne doit posséder un grand nombre d'éléments et si possible plusieurs nappes (ou étages) c'est-à-dire plusieurs plans superposés.

En ce qui concerne les nappes, il ne faut pas y songer pour les bandes I et II. Seules les UHF (bandes IV et V) pourraient bénéficier d'une antenne à deux nappes superposées ou disposées côte à côte (distance entre nappes en UHF de l'ordre de $\lambda/2$). On voit que le gain maximum, obtenu en fonction du nombre total des éléments ne pourra être atteint qu'en UHF. En VHF et surtout dans les bandes en λ est la plus grande, on devra réduire le nombre des éléments pour ne pas dépasser les dimensions permises (voir la figure 1).

Ainsi, il sera difficile de monter, en bande III, une antenne à plus de 6 éléments, sauf si elle est à bord d'une caravane ou d'un car.

D. — La directivité

La plus grande difficulté d'installation d'une antenne TV ou FM à bord d'un véhicule est due au fait que celui-ci change continuellement d'orientation par rapport à une direction fixe quelconque, par exemple la direction NS.

De ce fait, il devient impossible, *à première vue,* d'utiliser une antenne directive car si celle-ci est bien dirigée vers l'émetteur pour une certaine orientation du véhicule, elle ne le sera plus dès que celui-ci aura pris une autre direction de marche. Une réception quelconque sera soumise constamment à des fluctuations et même, à des annulations lorsque l'antenne sera orienté en direction opposée à celle qui convient.

Cette difficulté ne peut être tournée que par un choix d'antennes omnidirectionnelles, par l'installation de 3 ou 4 antennes du même type, pour recevoir de toutes les directions ou par un dispositif de rotation de l'antenne.

Les antennes omnidirectionnelles, sont malheureusement à gain réduit. Alors qu'une antenne Yagi à 6 éléments peut avoir un gain de l'ordre de

10 dB, une antenne omnidirectionnelle aura un gain de 0 dB et, pour certains types simples, un gain de — 3 dB et pire !

Par contre en prévoyant quatre antennes à directivité moyenne, montées en croix, on recevra bien de toutes les directions mais alors, l'encombrement sera considérable surtout sur une voiture de dimensions normales même pour des antennes UHF. Une autre solution est l'emploi d'une antenne directive orientable à la main ou électriquement.

E. — La réception des divers canaux TV et FM

Une autre difficulté existe en raison de la mobilité des voitures. Lorsqu'on reçoit la TV ou la FM dans un appartement, on sait quelles sont les émissions recevables et on installe sur le toit de l'immeuble, les diverses antennes nécessaires. Le plus souvent, il y aura un antenne pour les UHF, une pour la FM et une à quatre, pour la TV bandes I et III soit, au maximum 6 antennes pour recevoir 6 à 10 canaux plus les émissions FM.

Ces antennes sont, évidemment, accordées sur les émissions recevables et orientées correctement.

Sur un véhicule, qui pendant un voyage, change constamment de localité et même, parfois, de pays, il est nécessaire que l'antenne s'adapte à la réception de n'importe quelle émission c'est-à-dire de *toutes* les émissions TV et FM des bandes I à V.

Il faudrait par conséquent recourir à des antennes *toutes bandes, tous canaux.* De telles antennes existent mais il est évident que leur manque de sélectivité donne lieu à des réceptions comportant plus de parasites et de souffle que les antennes accordées sur une bande étroite correspondant à un canal ou à quelques canaux adjacents.

Le même inconvénient se manifeste avec des antennes *omnidirectionnelles* qui reçoivent, en même temps que l'émission désirée provenant d'une direction donnée, toutes sortes de signaux indésirables provenant de toutes les directions.

En conclusion de ce qui vient d'être exposé, la situation semble désespérée et on serait conduit à renoncer à recevoir la TV en automobile.

En réalité les inconvénients mentionnés bien qu'absolument réels sont moins graves qu'on ne le pense car l'expérience, tout en confirmant la théorie, démontre que l'on peut recevoir la TV et la FM en auto. Bien entendu, on ne recevra pas aussi bien que dans un immeuble mais on aura la compensation de capter de nombreuses émissions partout où l'on conduira la voiture tandis qu'en appartement on ne peut recevoir que les émissions locales *dans l'état actuel de la technique.*

Il n'en sera pas toujours ainsi lorsqu'on prévoira des satellites fixes spécialement conçus pour la réception directe par les appareils grand public.

La preuve que des réceptions de TV sur auto sont possibles est, dans le fait, qu'une société de construction d'appareils TV, envisage l'installation de ces appareils sur des taxis parisiens et sur des voitures privées.

F. — La TV-auto est-elle dangereuse ?

En exposant le problème des antennes TV sur automobile, on ne peut s'empêcher de se demander si la réception des images sur un véhicule, n'est pas dangereuse, pouvant entraîner des accidents ?

Il va de soi que si le téléviseur est placé de façon que le *conducteur* de la voiture soit empêché de regarder l'écran, l'appareil ne sera utilisable que pour les passagers de l'arrière donc aucun danger de distraction du conducteur.

Par contre, la réception de la radio, AM ou FM, peut être admise pour tous les occupants d'une voiture car la parole et surtout la musique, n'empêcheront pas le conducteur d'observer la route qui est devant lui.

En tout cas, ce seront les autorités officielles compétentes qui décideront s'il sera permis aux conducteurs, quels qu'ils soient de regarder ou non la TV.

*

Les solutions

Après avoir exposé les inconvénients très graves qui s'opposent à une bonne réception de la TV et de la FM à bord de véhicules automobiles, nous allons donner un aperçu de ce qui est réalisable et des résultats pouvant être obtenus avec des antennes spéciales et des dispositifs auxiliaires appropriés.

Disons tout de suite que pour les FM il n'y a pratiquement pas de problème difficile à résoudre. Une simple antenne auto-radio est en général suffisante pour recevoir les FM d'une manière satisfaisante. Remarquons que la même facilité de réception des FM se manifeste en appartement avec une antenne FM intérieure ou une antenne téléscopique incorporée dans l'appareil, tuner FM ou radio AM/FM. Egalement, on constatera que le son TV est plus facile à recevoir que l'image.

Bien entendu, en auto, les réceptions FM tout comme celles de radio AM, seront souvent troublées par des parasites mais ceci est moins un problème d'antenne qu'un problème d'antiparisitage de la voiture et... des autres voitures voisines de celle de l'utilisateur.

La FM peut aussi faire l'objet de soins particuliers en utilisant des antennes plus efficaces, d'après les mêmes principes que ceux adoptés par la TV.

On a toutefois l'avantage pour la modulation de fréquence, de n'avoir besoin que d'une seule antenne, accordée sur le milieu de la bande II qui recevra toutes les émissions FM recevables dans la région.

Le problème de la directivité subsiste en FM et doit être résolu comme pour la TV.

En ce qui concerne cette dernière, les solutions proposées ne conduiront pas à des performances exceptionnelles, seules possibles avec des antennes spéciales comme celles disposées sur les immeubles. On pourra

toutefois recevoir, dans la plupart des cas quelques émissions locales puissantes sans toutefois prétendre les recevoir toutes et dans d'excellentes conditions.

En pleine campagne la réception sera meilleure que dans les rues d'une ville car on bénéficiera d'une meilleurs propagation des ondes et il y aura moins de parasites industriels.

G. — Choix des appareils

Il est de la plus grande importance de bien choisir l'appareil TV qui sera installé à bord de la voiture, de la caravane ou du car. Au point de vue du choix, signalons que quel que soit le téléviseur adopté, l'antenne de la voiture, déterminée comme indiqué plus loin, devra convenir, par conséquent on aura la possibilité de procéder à des essais entre appareils de la même catégorie mais de diverses marques pour sélectionner celui donnant les meilleurs résultats.

Pour la voiture, il faudra adopter un appareil à petit écran car l'utilisateur sera à 50 cm environ de celui-ci. Un écran de 30 cm de diagoniale est recommandé. Pour un car ou l'intérieur d'une caravane, un appareil avec écran de 45 à 60 cm de diagonale sera plus indiqué.

Dans les trois cas on devra choisir un téléviseur portatif dont les caractéristiques générales devront convenir le mieux à son emploi dans un véhicule.

Voici ces caractéristiques.

Alimentation : mixte, sur secteur ou sur batterie (accumulateurs) de 6 ou 12 V selon la batterie de la voiture.

En général les téléviseurs sont prévus pour 12 V et dans ce cas, si la voiture ne dispose que de 6 V on fera adjoindre à la batterie existante un accumulateur supplémentaire de 6 V ou un système convertisseur continu à continu, 6 V à 12 V.

L'alimentation sera, obligatoirement *régulée* car sur un véhicule, la tension de la batterie subit des variations brusques au démarrage et des variations lentes dues à leur charge et décharge.

Rien ne s'oppose pas à ce que le téléviseur soit alimenté sur alternatif à l'aide d'un convertisseur continu (6 ou 12 V) à alternatif 115 ou 220 V. Même un téléviseur de ce genre devra comporter un système de régulation très soigné.

Sensibilité : Voici, à titre d'exemple la sensibilité d'un excellent téléviseur portatif de grande marque pouvant convenir à son emploi dans une automobile :

VHF : image 50 µV ou mieux (c'est-à-dire *moins* que 50 µV) ; son : 5 µV.

UHF : image mieux que 28 µV, son 3 µV, l'appareil fournira une puissance de sortie BF, de l'ordre de 1 W à 4 W dans une voiture ou caravane et de 4 à 8 W dans un car.

Ces puissances sont plus grandes que celles requises par un téléviseur d'appartement car en voiture les bruits ambiants peuvent être plus inten ses que dans un immeuble, du moins théoriquement !

Gammes : Il est évident que l'appareil devra être multistandards car la voiture aura éventuellement à traverser des régions frontalières ou même, des pays étrangers.

Si l'appareil est un téléviseur-couleur, il sera bisystème, PAL-SECAM si l'utilisateur désire que son appareil soit capable de toutes les performances possibles. Signalons toutefois que de bonnes images de TV couleur ne peuvent être reçues que dans d'excellentes conditions de réception, ce qui ne sera pas toujours le cas de son emploi en auto. Par contre, en caravane, les conditions de réception seront meilleures lors du stationnement car le « caravaniste » aura la possibilité d'utiliser un mât télescopique spécial, élevant l'antenne à plusieurs mètres du sol.

Le téléviseur devra recevoir les bandes I, II, IV et V dans tous les standards européens tels que les suivants : français, belges, européens (CCIR) et européens de l'est (OIR) éventuellement, sans oublier les stai dards anglais si l'on a l'intention de traverser la Manche.

Antiparasites : comme le véhicule et son antenne se trouveront constamment dans un champ de parasites, en général très intense, le téléviseur devra posséder des dispositifs antiparasites pour l'image et pour le son.

Ces dispositifs ne sont pas, évidemment, d'une efficacité totale mais dans de nombreux cas il peuvent réduire l'action des parasites sur l'image et sur le son. Comme on l'a déjà dit, la voiture sera elle-même antiparasitée.

Sécurités : Le téléviseur sera muni de dispositifs de sécurité comm les suivants : protection contre l'inversion de polarité de la batterie ; protection contre l'inverseur des prises de secteur et celles de batterie ; adaptateur secteur 110-120-150-220-240 V.

Dispositifs spéciaux : Il sera extrêmement utile que l'appareil TV soit muni d'une *CAF* (commande automatique de fréquence) corrigeant l'accord manuel ou l'accord par poussoirs.

Les sélecteurs VHF et UHF seront à accord et commutation efectués par des *diodes* alimentées sur une tension régulée.

Le système à poussoirs peut présenter un inconvénient si l'utilisateur change constamment de région si le nombre des poussoirs préréglés est limité. Les poussoirs peuvent être toutefois ajustés à nouveau chaque fois que l'on désire modifier leur attribution. Il est toutefois recommandé que le téléviseur possède des cadrans indiquant les canaux ou la fréquence.

Un circuit *indispensable* est celui de CAG (commande automatique de gain). En effet, en raison du déplacement et du changement d'orientation de la voiture, la réception sera sujette à des fluctuations lentes ou rapides, que seul un dispositif de CAG réussira à combattre dans une certaine mesure.

La CAG sera amplifée et différée agissant sur autant de circuits HF et MF, en vision et son, que possible.

Température : Dans une voiture, on sait que la température ambiante peut varier considérablement, aussi bien vers les basses températures (moins de zéro degré) que vers les hautes températures, pouvant atteindre plusieurs dizaines de degrés Celsius, en plein soleil et en pays tempérés ou chauds. La hausse de température est nuisible aux transistors, aussi, le téléviseur devra être étudié à deux points de vue : supporter des changements de température, par exemple entre — 15° et + 60° Celsius, et fonctionner dans cette même gamme si possible ou dans une gamme un peu plus restreinte : 0° à + 40°.

Remarquons qu'actuellement les températures de stockage et celles de fonctionnement des transistors et des circuits intégrés permettent de satisfaire aux exigences formulées plus haut.

Il va de soi que le téléviseur sera robuste ; aussi léger que possible, peu emcombrant, ce qui est réalisable avec des montages intégralement à semi-conducteurs : diodes, transistors, circuits intégrés. L'appareil résistera aux trépidations, chocs, humidité et changement de pression atmosphérique.

La possession d'un appareil ainsi conçu, augmentera considérablement les chances d'une réception satisfaisante avec les antennes TV-auto que l'on installera.

Signalons encore, avant d'abandonner ce sujet, que le récepteur pourra être précédé d'un préamplificateur ou de plusieurs préamplificateurs spécialisés (bande I, III et IV-V) afin d'augmenter son gain.

Les préamplificateurs devront être à *très faible souffle.*

H. — Choix des antennes

Nous abordons maintenant la partie la plus délicate de notre étude, qui, il faut l'avouer, est bien embarrassante car on ne donnera que des solutions de compromis seules possibles, après avoir déterminé tous les facteurs qui s'opposent à une bonne réception en automobile.

De nombreuses solutions sont possibles et certaines peuvent être onéreuses bien que la plupart ne se basent que sur l'emploi d'antennes commerciales ou analogues à des antennes commerciales.

Commençons avec les antennes pour la télévision et plus particulièrement celles à installer sur des voitures automobiles normales c'est-à-dire ni sur caravanes ni sur cars ou camions.

I. — Antennes télescopiques

Une antenne télescopique est une des meilleures solutions pour nos problèmes. C'est d'ailleurs d'antennes de ce genre que sont munis les téléviseurs portatifs. Bien entendu ces appareils, utilisés dans un appartement, sont branchés à l'antenne collective ou individuelle installée sur le toit, mais en déplacement, on est obligé de se servir de l'antenne télescopique incorporée.

Cette antenne se compose de deux brins dont la longueur peut être ajustée entre quelques centimètres et 1 m environ, permettant de réaliser des antennes demi-onde accordables jusqu'à $\lambda = 4$ m ce qui correspond à $f = 75$ MHz. On pourra ainsi couvrir les UHF, les VHF bande III et la FM bande II. Par contre, en bande I, l'antenne ne pourra pas être accordée exactement. Chaque brin est fixé au coffret de l'appareil par une rotule, permettant ainsi toutes les orientations au-dessus d'un plan horizontal passant par les deux rotules.

En dépit de toutes considérations théoriques, on a constaté qu'un accord exact de cette antenne, obtenu en réglant la longueur de chaque brin à environ $\lambda/4$, n'est nullement indispensable et qu'une réception d'intensité équivalente et parfois, même, meilleure, pourrait être obtenue avec des longueurs des brins différentes de celles prévues.

Cette anomalie s'explique par le fait que l'antenne à deux brins télescopiques et orientables dans toutes les directions peut fonctionner aussi bien comme doublet $\lambda/2$ rectiligne que comme antenne en V, antenne pleine onde etc.

On remarquera que l'orientation est beaucoup plus importante pour une bonne réception que la longueur des brins.

En UHF bandes IV et V et même en bande III, la réception s'améliorera parfois en donnant aux brins une longueur supérieure à $\lambda/4$.

L'angle recommandé est de 100° entre les deux brins. Le V ainsi constitué sera dans un plan vertical, horizontal ou incliné vers l'émetteur.

Une solution de compromis est de régler les deux brins à leur longueurs maximum et, dans ce cas les diverses émissions seront reçues selon les modes différents et aussi, avec des adaptations souvent défectueuses donnant lieu à des images avec échos.

Lorsque l'antenne télescopique se trouve à l'intérieur de la voiture, c'est-à-dire attachée au téléviseur, l'utilisateur pourra la régler en longueur et en orientation pour chaque station. Par contre si l'on monte une antenne télescopique analogue à l'extérieur, par exemple sur le toit, à l'arrière ou sur les ailes, l'utilisateur sera obligé de s'arrêter et de sortir de la voiture chaque fois qu'il sera nécessaire de procéder à un nouveau réglage.

Avec une antenne sur le toit, l'orientation pourrait se régler de l'intérieur à l'aide d'un dispositif mécanique simple ou avec un ROTATEUR.

Remarquons aussi qu'il existe également des dispositifs électromécaniques de réglage à distance de la longueur d'un ensemble de tubes télescopiques. Ce dispositif a été utilisé le plus souvent pour l'érection rapide des mâts mais il ne doit pas être impossible de l'appliquer à des brins télescopiques. Remarquons aussi que l'antenne télescopique est réalisable avec un seul brin mais le gain sera alors moindre.

J. — Antennes omnidirectionnelles

Une antenne omnidirectionnelle reçoit de toutes les directions. Elle peut se réaliser avec des dipôles croisés à angle droit ou trois unipôles

(c'est-à-dire trois brins) montés en étoile donc faisant entre eux un angle de 360/3 = 120°. avcc tous ces éléments en double améliorant ainsi la régularité de la réception des stations provenant de diverses directions.

Ces antennes ont en général un gain du même ordre que celui d'un seul dipôle orienté correctement vers l'émetteur, c'est-à-dire zéro décibel.

Le gain est diminué (décibels négatifs) si les brins du dipôle sont coudés ou courbés pour diminuer leur longueur. Il en est de même des antennes dont on a diminué la longueur de brins à l'aide d'une bobine.

Par contre, on peut augmenter le gain en montant plusieurs nappes (ou étages) d'antennes omnidirectionnelles.

Ceci est valable pour la polarisation horizontale. Pour la polarisation verticale, une antenne dipôle demi-onde rectiligne verticale est omnidirectionnelle si aucun directeur ou réflecteur ne lui est adjoint.

Comme on peut le déduire de ce qui précède, les antennes omnidirectionnelles sont comparables aux antennes dipôles à tubes télescopiques avec l'avantage de « l'omnidirectionnalité » et l'inconvénient de l'impossibilité de réglage de la longueur des brins. Ce défaut sera éliminé si l'on réalise l'antenne omnidirectionnelle avec des brins télescopiques.

Voici quelque exemples d'antennes omnidirectionnelles.

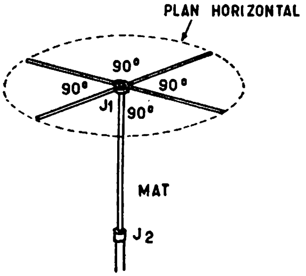


FIG. 3

La figure 3 donne l'aspect d'une antenne à deux dipôles en croix, disposés dans un plan horizontal. En général les fabricants d'antennes proposent des antennes omnidirectionnelles pour la bande II des FM donc avec des brins $\lambda/4$ de 1,5 m environ (f = 100 MHz). La même antenne serait évidemment réalisable pour la bande III avec des brins de 75 cm (f = 200 MHz).

Pour les UHF, des antennes de ce genre ne donneront pas assez de microvolts en raison de leur petitesse. Par contre, grâce aux faibles valeurs de λ, $\lambda/2$ et $\lambda/4$ en UHF, on pourrait réaliser des antennes comme celle de la figure 3 à plusieurs étages.

Soit le cas des UHF à 500 MHz par exemple, avec $\lambda = 60$ cm, $\lambda/2 = 30$ cm et $\lambda/4 = 15$ cm. Les brins auront une longueur de 15 cm (voir

figure 4) et les plans consécutifs des étages seront disposés à une distance égale ou supérieure à λ/2 = 30 cm. On pourra réaliser une antenne UHF à 3 à 5 plans (hauteurs respectives 60 à 120 cm).

Le gain d'une antenne à n étages est augmenté *approximativement* de 3 dB par étage. Exemple : 1 étage gain 0 dB, 2 étages gain 3 dB, 3 étages 6 dB, 4 étages 9 dB.

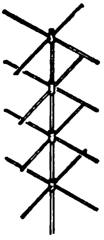


Fig. 4

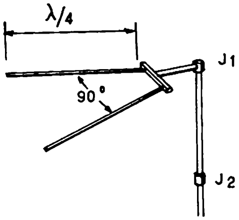


Fig. 5

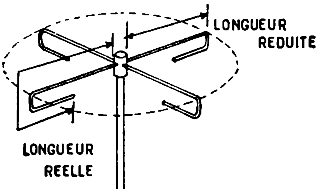


Fig. 6

Fig. 7

Pour les bandes FM et I (TV), les antennes deviennent trop encombrantes. On a alors recours à des procédés de raccourcissement des brins comme on le montre aux figures suivantes :

Figures 5 : deux brins à angles droit, chacun long de λ/4 c'est-à-dire à f = 50 MHz, λ = 6 m, λ/2 = 3 m et λ/4 = 1,5 m.

Figure 6 : deux dipôles avec brins recourbés ce qui diminue leur longueur linéaire de 30 à 50 %, leur longueur réelle restant λ/4.

Le gain des antennes ayant adopté ces procédés est beaucoup plus faible que celui d'une antenne équivalente dipôle, donc ce gain sera de — 3 dB à — 6 dB par exemple.

Il est évidemment possible d'augmenter le gain de 3 dB par étage supplémentaire mais la distance entre deux étages est λ/4 donc prohibitive en bande I et même en FM.

La figure 7 montre l'antenne dipôle demi-onde verticale pour émission à polarisation verticale.

Sa longueur totale est $\lambda/2 = 3$ m à f = 50 MHz, $\lambda/2 = 1,5$ m à f = 100 MHz et $\lambda/2 = 75$ cm à f = 200 MHz.

K. — Antennes utilisables sur voitures

Parmi les antennes omnidirectionnelles signalons des suivantes :

1° antenne tripôles (voir chapitre XXI) dont l'emploi en un ou deux étages peut être limité par ses dimensions.

2° antennes à quatre pôles (chapitre XXI) qui présente les mêmes avantages et inconvénients que l'antenne tripôle.

Les antennes tournantes se réalisent en pratique en adaptant un système de rotation à une antenne directive. Voir nos précédents chapitres.

L. — Antennes spéciales pour caravanes

Rappelons que pendant la marche, la caravane doit être vide de tout passager et ne peut être utilisée que pendant l'arrêt. Ceci est particulièrement favorable à notre cause car le problème de l'orientation est résolu.

De plus, les problèmes de l'encombrement et de la hauteur des antennes sont également résolus ou facilités.

Orientation : l'antenne étant en place, il sera facile de l'orienter vers l'émetteur désiré à l'aide d'une carte géographique et d'une boussole ou en recherchant la meilleure réception visuelle et auditive.

Hauteur et encombrement : si l'antenne est démontable ou repliable, aucune limite ne sera imposée à sa hauteur lorsque la caravane sera en station.

L'antenne peut être fixée sur le toit du véhicule ou sur un mât spécial à hauteur réglable indépendant de la caravane mais pouvant être soutenu par ce véhicule.

Il existe même des mâts télescopiques dont la hauteur est commandée par des dispositifs électriques mais le prix de ces dispositifs est élevé.

L'encombrement de l'antenne, pouvant être aussi grand que nécessaire, la réception de la bande I de TV est celle des émissions FM seront possibles.

Tous les spécialistes des antennes proposent des antennes pour caravanes.

Les uns ont mis au point des antennes tous canaux UHF et VHF. Pour les VHF, il y a des éléments interchangeables pour bande I ou III.

La plupart des antennes pour caravanes sont à très large bande afin de convenir dans toutes les localités françaises et étrangères visitées.

M. — Conclusion

La réception de la télévision se heurte à de nombreuses difficultés à bord des automobiles en mouvement, mais grâce aux possibilités offertes par les antennes, il reste de nombreuses chances de recevoir des émissions proches et puissantes. Ces réceptions, seront parfois de qualité médiocre.

A bord des caravanes, d'excellentes réceptions de télévision sont possibles dans la plupart des cas.

CHAPITRE XXIX

INSTALLATION D'ANTENNES COLLECTIVES

A. — L'installateur

Tous les techniciens des télécommunications savent que les systèmes collecteurs d'ondes ont au moins autant d'importance que les récepteurs pour capter dans de bonnes conditions les signaux transmis par les émetteurs.

Ce qui compte principalement dans un signal capté par une antenne et transmis au récepteur, n'est pas sa puissance, mais sa pureté, autrement dit, le signal appliqué aux bornes d'entrée du récepteur doit contenir le maximum de pourcentage du signal de l'émetteur et le minimum de signaux différents tels que parasites de toutes sortes, souffle, émissions indésirables. D'autre part, le signal désiré ne doit pas être modifié.

Il est évident que l'installateur d'un système collectif d'antennes doit tenir compte de la puissance des émetteurs, des distances et de la propagation, mais il ne peut rien faire pour améliorer ces trois facteurs.

Par contre, il peut réaliser un système de transmission des signaux avec un minimum de pertes, des causes de déformation du signal et de l'adjonction de signaux parasites pendant le parcours du signal capté, de l'antenne au récepteur.

Il peut choisir les types d'antennes qui conviennent le mieux, leurs emplacements les plus favorables dans les limites de ce qui est permis mécaniquement et économiquement, la meilleure orientation des antennes, les composants de l'installation collective : câbles, répartiteurs, filtres, convenant le mieux, mise en place éventuelle de préamplificateurs.

De plus, l'installateur effectuera le travail mécanique, non seulement au point de vue de la solidité de l'installation, mais aussi de manière à ce qu'aucune caractéristique électrique du signal ne soit détériorée.

Les spécialistes des installations d'antennes collectives affirment qu'il n'y a pas lieu de prévoir une installation spéciale pour la TVC, celle pour noir et blanc doit convenir.

B. — Composition d'une installation collective

Il existe de nombreuses manières d'effectuer les « dérivations » permettant d'alimenter les appareils TV et radio mais le principe gé-

néral d'une installation collective est toujours le même et comprend les mêmes types d'éléments constitutifs dont les caractéristiques précises dépendent des résultats imposés.

L'installation complète peut être divisée en trois « niveaux » : (voir fig. 1).

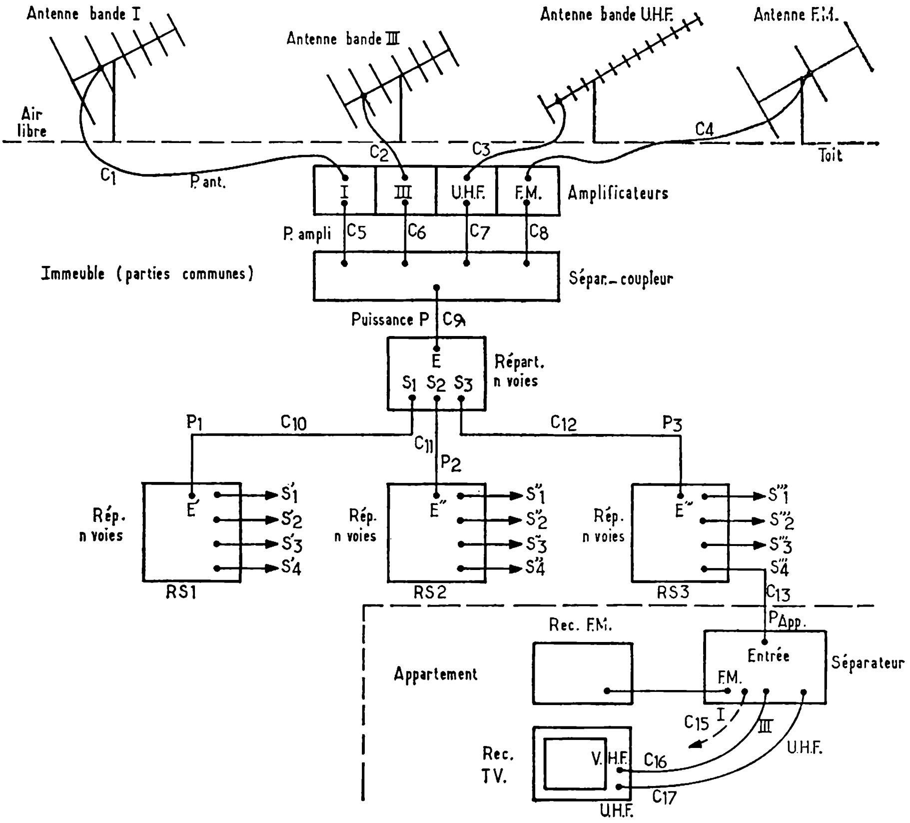


FIG. 1

Niveau 1. — air libre, généralement sur le toit où l'on monte, selon toutes les règles de l'art, les antennes nécessaires, par exemple comme le montre la figure 1, quatre antennes : bande I, bande III, bande IV ou V (UHF), FM (bande II).

A l'aide de coaxiaux (ou bifilaires dans certains pays étrangers) C_1 à C_4, on transmet les signaux recueillis par les antennes au niveau suivant :

Niveau II : sous le toit dans un endroit proche de l'arrivée des câbles C_1 à C_4 et accessible à l'installateur. On dispose dans cet emplacement les amplificateurs qui sont destinés à chaque antenne et en même nombre, par conséquent. Les amplificateurs ont des sorties à câbles C_5 à C_8 reliés au séparateur-coupleur (en abrégé : *coupleur*). Si l'un des amplificateurs ne s'avère pas nécessaire, le câble d'antenne, par exemple C_1, est relié directement au point correspondant du coupleur par un seul câble qui peut être désigné par C_1-C_5 par exemple.

Egalement au niveau I et à proximité du coupleur on place le répartiteur ou distributeur.

Grâce au coupleur les signaux amplifiés ou non, venant des antennes, sont mélangés de sorte que dans le seul câble C_9 on trouve tous les signaux captés par les antennes, transmis au répartiteur.

La fonction du coupleur est double :

1° éviter toute influence d'une antenne sur les autres antennes,

2° mélanger les signaux des antennes. Le répartiteur (ou distributeur) est un diviseur de puissances. La puissance totale P transmise par C_9 est divisée en plusieurs puissances P_1, P_2 et P_3 recueillies aux n sorties, dans notre exemple $n = 3$. En raison de diverses pertes $P_1 + P_2 + P_3$ est inférieur à la puissance totale P. On a :

$$P_1 + P_2 + P_3 = \alpha P$$

α étant un nombre plus petit que 1.

Les éléments amplificateurs et coupleur sont placés à proximité du toit donc dans le niveau II qui est celui nommé *parties communes* de l'immeuble. Le répartiteur peut être placé à proximité du coupleur et dans ce cas le câble C_9 est court. Ce mode de disposition est permis lorsqu'il y a possibilité de donner aux câbles C_{10}, C_{11} et C_{12} la même longueur. Les voies correspondantes conduisant à des « escaliers » d'un même immeuble que l'on a l'habitude de nommer escalier 1, escalier 2, escalier 3. Si au contraire, il n'y a qu'un seul escalier, le répartiteur principal à n voies (ici $n = 3$) sera placé à l'étage « moyen », par exemple s'il y a 9 étages (donc 10 niveaux avec le rez-de-chaussée), le répartiteur sera placé au 4ᵉ ou 5ᵉ étage. De là partiront les câbles C_{10}, C_{11}, C_{12} vers les autres étages. On évitera ainsi que certains étages soient desservis par des câbles très longs et d'autres par des câbles courts (donc à moindres pertes).

On arrive aux répartiteurs secondaires recevant les puissances P_1, P_2, P_3... Pn des signaux, que l'on s'efforcera de rendre égales.

Considérons, par exemple, le répartiteur secondaire RS_3. Son emploi est de distribuer la puissance disponible P_3 aux voies correspondant aux utilisateurs.

Si toutefois le nombre total des utilisateurs est faible, par exemple 10, les répartiteurs secondaires pourraient être supprimées et ce serait le répartiteur primaire qui fournirait directement les signaux à chaque locataire.

Si, au contraire, le nombre total des locataires est très grand, par exemple 200, on pourrait prévoir, selon le même principe, des répartiteurs tertiaires, quaternaires, etc.

Revenons au cas de notre exemple, avec m = 4 pour le répartiteur secondaire RS_3.

Il reçoit la puissance P_3. Il donne aux sorties des puissances $\alpha_1 P_3/m$, avec $\alpha < 1$. Finalement, on voit que le câble C_{13} fournira, à l'appartement, des signaux de puissance :

$$P_{APP} = \beta P/mn$$

mn étant évidemment le nombre total des utilisateurs et β un nombre inférieur à l'unité se justifiant par les pertes dans les câbles, les répartiteurs et les séparateurs.

On peut considérer P_{APP} comme la puissance correspondant à une émission quelconque. En réalité, les puissances considérées varient avec les émissions de sorte qu'il est plus précis de considérer les rapports des puissances et, selon l'usage, les décibels.

Si P_{ANT} est la puissance fournie par une antenne et P_{AMP} celle obtenue à la sortie de l'amplificateur correspondant à l'antenne, le gain de l'amplificateur est P_{AMP}/P_{ANT} et le nombre des décibels est :

$$X_1 = 10 \log_{10} (P_{AMP}/P_{ANT})$$

Ainsi, si par exemple, le rapport est égal à 10, on a log 10 = 1 et $X_1 = 10$ décibels.

Si aucun amplificateur n'est interposé et les câbles $C_1 + C_5$ sont courts (par exemple 5 m) on pourra considérer qu'ils ne produisent pas de pertes et on aura $X_1 = 0$ décibel.

On a vu plus haut que la puissance correspondant à la sortie du séparateur coupleur est divisée mn fois et de plus il faut tenir compte des pertes diverses.

Finalement, avec la notion en décibels, on considérera l'équation suivante :

Pertes totales = ($- X_1 + X_2$) décibels), ou, si l'on préfère :

Gain total = ($X_1 - X_2$) décibels,

pour préciser la perte de puissance due aux divers éléments et le gain éventuel de puissance donné par l'amplificateur.

Une valeur raisonnable de la différence $X_1 - X_2$ serait proche de 0 décibel, ce qui correspondrait au branchement direct de l'appartement sur l'antenne collective.

Niveau 3 : il s'agit maintenant de l'installation dans l'appartement de l'usager, cette installation étant sa propriété. La puissance du signal est P_{APP}. Le signal est amené par le câble C_{13} par exemple et appliqué à l'entrée du séparateur d'arrivée.

La mission du séparateur est, évidemment, d'effectuer la séparation des signaux divers qui arrivent mélangés par le câble C_{13}. Il possède autant de sorties qu'il y a d'antennes donc dans notre exemple 4 sorties : VHF bande I, VHF bande III, UHF, FM.

Comme les téléviseurs bistandard (noir et blanc ou couleurs) ne possèdent en général qu'une seule entrée VHF, on sera obligé de brancher à cette entrée le câble C_{15} ou le câble C_{16}. Pour la FM, on prévoit le branchement par C_{14}. Pour les UHF, en supposant qu'il n'y a qu'un seul canal recevable, on effectuera le branchement par le câble C_{17}. Si l'on peut recevoir deux canaux captés par des antennes distinctes, la situation se présentera comme en VHF.

C. — Variantes diverses

Le système de distribution (ou répartition) de la figure 1 se nomme « en étoile » et correspond à des divisions et subdivisions échelonnées comme le montre la figure 2 a.

On préfère, actuellement, un autre système de distribution nommé distribution par ponction et dont le principe est indiqué par la figure 2b.

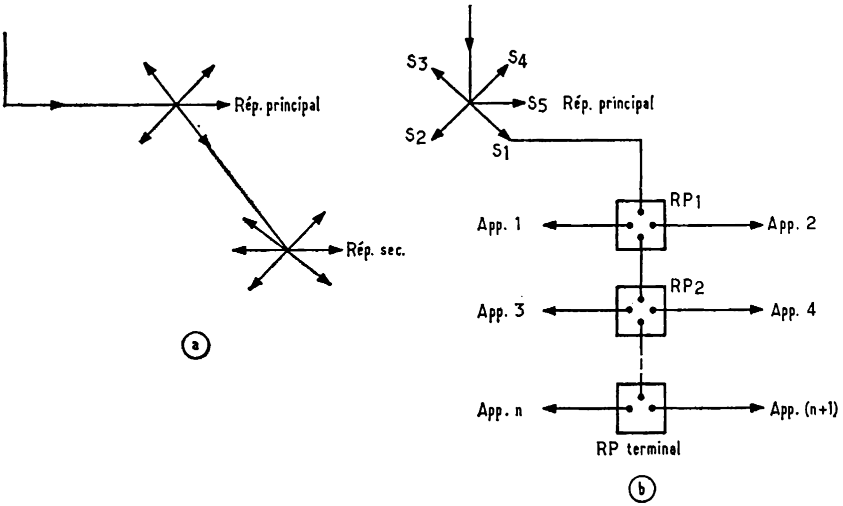


FIG. 2

Comme dans le montage précédent, les signaux mélangés sont appliqués à un répartiteur principal en étoile à n sorties. La sortie S_1, par exemple, aboutit à une voie nommée aussi « épine dorsale ». Dans cette voie, qui descend du toit vers le rez-de-chaussée, on intercale des répartiteurs RP_1, RP_2 en série présentant : une entrée et une sortie de

lignes et deux ou plusieurs sorties vers les appartements de l'étage. Le dernier répartiteur se termine sur une charge de 75 Ω.

On voit qu'à chaque étage s'effectue une « ponction » de puissance envoyée vers les appartements. L'avantage de ce système est la réduction de la longueur totale des câbles utilisés dans l'installation, donc une réduction des pertes et une économie dans le coût du matériel et dans celui du travail d'installation.

A peu de choses près, le locataire le plus défavorisé reçoit au moins autant de puissance que le locataire le plus favorisé de l'autre système. Le système à ponction réduit les influences d'un récepteur sur ceux d'un autre locataire, principalement les rayonnements des oscillateurs.

Actuellement, dans les nouvelles installations, on doit adopter ce système.

Diverses variantes sont réalisables. Les amplificateurs auront un gain déterminé par la puissance des émetteurs correspondants. Pour de grandes puissances (émetteur très proche) certains amplificateurs pourraient être supprimés si le nombre des utilisateurs est de l'ordre de 20 ou inférieur.

Les coupleurs et les séparateurs seront évidemment simplifiés lorsque le nombre des émissions distinctes à recevoir est réduit, par exemple, cas le plus répandu 3 seulement (une seule en VHF).

D. — Exemple de calcul d'une installation

Le point de départ d'un calcul d'installation collective est de fournir au récepteur la tension minimum prévue par les normes :

On doit obtenir d'après les normes :
en bandes VHF : 750 µV efficaces ;
en bandes UHF de 470 à 606 MHz : 1 000 µV efficaces ;
en bandes UHF de 606 à 960 MHz : 1 400 µV efficaces.

Le signal ne doit en aucun cas excéder 15 mV. Ces valeurs correspondent à la porteuse image. Pour la FM on doit avoir 500 µV minimum et 15 mV maximum.

En utilisant les accessoires qui conviennent dans chaque cas spécial, nous donnons l'exemple suivant de calcul pour la bande III (d'après Tonna) :

Elément	Pertes
Coupleur	2 dB
Répartiteur 4 voies	11,8 dB
Répartiteur 10 voies	19,3 dB
30 m de câble	3,6 dB
Séparateur	2 dB
Total	38,7 dB

Le signal reçu est, par exemple, de 3 mV aux bornes de l'antenne. On a par conséquent le rapport 3 000/750 = 4 correspondant à + 12 dB, ce qui peut être considéré comme un gain donc avec le signe +. Si l'on soustrait 38,7 (pertes) de 12 (gain) il reste — 26,7 dB que l'on compensera par un amplificateur donnant un gain de + 26,7 dB au moins, par exemple un amplificateur dont le gain est 30 dB. Pour les UHF, il sera fréquent de constater que l'antenne donne une tension moindre que celle requise aux bornes du téléviseur (1 000 µV par exemple). On aura alors un rapport inférieur à 1 et un nombre négatif de décibels à ajouter à celui négatif des pertes dans les autres parties. Si au total on obtient — 48,7 dB par exemple, l'amplificateur devra donner un gain égal ou supérieur à + 48,7 dB, par exemple 50 dB.

Ces calculs ne peuvent être effectués qu'en prévoyant des amplificateurs, si les signaux reçus ne sont pas assez intenses pour compenser les pertes.

De très nombreuses installations d'antennes ne comportent pas d'amplificateurs et ne donnent pas à la sortie des séparateurs les tensions prescrites par les normes.

Elles devront être, par conséquent, révisées, surtout lorsqu'il s'agit de recevoir la TVC (TV couleurs).

E. — Amplificateurs « d'antenne »

Une mission importante d'un amplificateur (que certains auteurs nomment aussi préamplificateur) est... d'amplifier pour compenser, d'une part les pertes dues aux divers éléments de l'installation collective et, d'autre part, pour remonter le niveau d'un signal provenant d'un émetteur lointain ou faible.

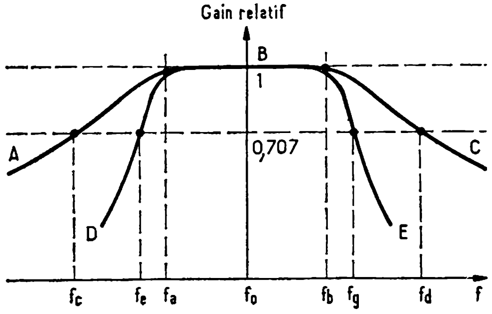


FIG. 3

Une autre mission, aussi importante que l'amplification, est l'amélioration du rapport signal sur souffle ou tout au moins, la non-diminution de ce rapport depuis l'antenne jusqu'au récepteur.

Ainsi, si l'antenne était branchée directement au récepteur, le rapport signal/souffle est déterminé principalement par celui de l'étage HF du tuner (VHF ou UHF). Soit ρ_1 ce rapport.

Si le récepteur reçoit le signal par l'intermédiaire de l'amplificateur et de l'installation, le rapport signal/souffle ne dépend plus, principalement, que de celui du premier étage de l'amplificateur. Soit ρ_2 ce rapport.

Il est évident que l'amplificateur doit être conçu pour que $\rho_1 \leqslant \rho_2$. Ceci est généralement réalisable car l'amplificateur de l'installation collective peut être très soigné et même, relativement coûteux, son prix se divisant par le nombre élevé des utilisateurs.

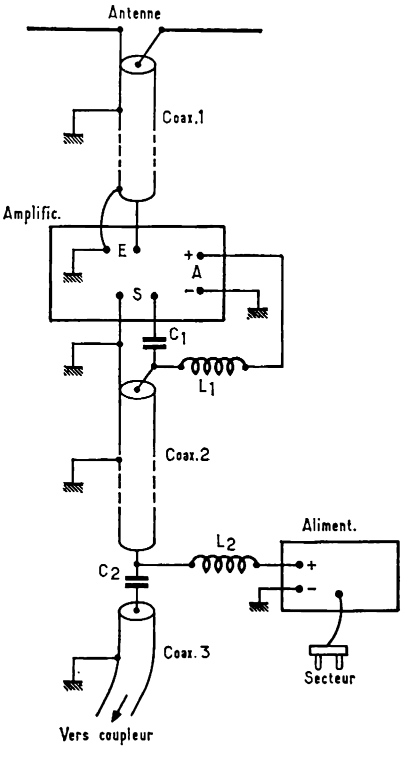


FIG. 4

Le souffle (dit aussi « bruit ») n'est pas le seul signal à réduire. Dans le signal reçu par le récepteur il y a, en plus du signal utile, des signaux indésirables : parasites, émissions autres que celle désirée. Grâce à ses circuits accordés, l'amplificateur peut améliorer la sélectivité globale des dispositifs d'entrée en limitant la bande globale au nécessaire et suffisant. Remarquer que la bande peut être plus étroite si la courbe

de réponse est plus « tombante » dans la zone extérieure à celle utile comme le montre la figure 3.

La partie utile est celle comprise entre f_a et f_b et doit être telle que $f_b - f_a$ soit de l'ordre de deux fois la largeur du canal. Si l'amplificateur a la courbe ABC, sa bande est $f_a - f_c$ qui est beaucoup plus grande que celle d'un amplificateur ayant une courbe comme BDE, égale à $f_g - f_e$.

On améliore ainsi, également, le rapport signal sur souffle, en plus de la sélection qui s'opère sur des signaux voisins de celui à recevoir.

Actuellement, la technique des amplificateurs d'antenne s'oriente vers l'emploi des transistors, qui s'imposent grâce aux avantages biens connus qu'ils possèdent mais il est nécessaire, pour des signaux forts, d'utiliser parfois des amplificateurs à lampes qui restent toujours excellents.

Grâce à leur faible volume, certains amplificateurs à transistors peuvent être fixés directement sur l'antenne, sur le mât ou même sur le radiateur.

L'alimentation peut s'effectuer sur le secteur avec une ligne entre alimentation et amplificateur pour la tension continue nécessaire, cette ligne étant spéciale ou confondue avec le coaxial de descente d'antenne. La figure 4 montre comment on peut séparer le continu d'alimentation du signal HF. Les bobines réalisent la coupure en HF et laissent passer le continu, tandis que les capacités coupent le continu et laissent passer le signal HF. Le courant du secteur est redressé et filtré et l'on obtient le courant continu aux bornes + et — de l'alimentation. Supposons que le — est à la masse donc à la gaine extérieure des câbles. Le + du courant est transmis par L_2 au condensateur intérieur du « coaxial 2 » qui transmet le signal HF au coaxial 3 relié au coupleur. A l'autre extrémité du coaxial 2, C_1 transmet le signal HF amplifié obtenu à la sortie de l'amplificateur, tandis que L_1 transmet le continu au + d'entrée alimentation de l'amplificateur.

Ce procédé toutefois peut introduire des désadaptations aux fréquences élevées (bandes III, IV, et V) et il est préférable d'utiliser une ligne séparée d'alimentation continue.

Des essais ont montré qu'il est *parfois* possible de recevoir convenablement, grâce aux amplificateurs, des émissions situées à 200 km et celles obtenues par l'intermédiaire des satellites, à l'aide d'antennes spéciales et récepteurs spéciaux.

F. — Coupleurs et séparateurs

Ces deux éléments importants d'une installation collective sont, en principe, réalisés d'après les mêmes schémas. Ces éléments comportent une terminaison T_c « commune » où les signaux sont mélangés et deux, trois au plusieurs terminaisons T_{s1}, T_{s2}, T_{s3}, où les signaux sont séparés par exemple UHF, VHF, FM, etc. (fig. 5). Si l'élément est *coupleur* les antennes sont branchées aux terminaisons T_s et la teminaison T_c est

reliée au distributeur (ou répartiteur). Si l'élément est séparateur, le signal mélangé est branché à T_c et les signaux séparés sont obtenus aux terminaisons T_s.

Toutes les terminaisons sont généralement coaxiales en France. Un élément de ce genre se compose en réalité de deux ou plusieurs filtres du type passe-haut, passe-bas et éventuellement passe-bande.

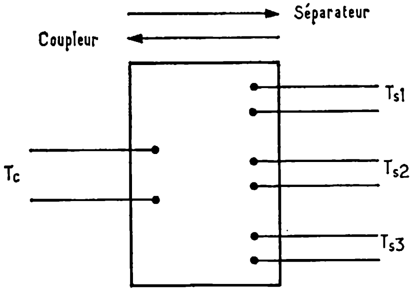


FIG. 5

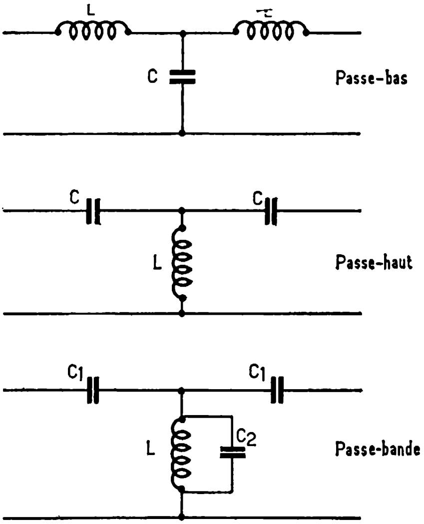


FIG. 6

La figure 6 donne des exemples de filtres de ce genre du type T. Il en existe de nombreuses autres configurations et on peut aussi réaliser des filtres à plusieurs cellules au lieu d'une seule.

Soit, par exemple, le cas de 4 signaux à séparer ou à coupler : UHF, bande III FM, bande I. Pour les UHF, il faut évidemment un filtre passe-haut qui ne laissera passer que les signaux UHF et arrêtera (plus ou moins efficacement selon la conception du filtre) les signaux d'autres fréquences.

Pour la bande II il faut un filtre de bande et il en est de même pour la FM. Pour la bande I il faut utiliser un filtre basse-bas.

On remarquera que des filtres basse-bande peuvent remplacer des filtres passe-bas et passe-haut.

D'autre part, la mise en série d'un filtre passe-bas avec un filtre passe-haut à domaine commun équivaut à un filtre de bande.

Ces filtres sont réalisés en circuits imprimés. Le soin apporté au choix des fréquences caractéristiques, à la forme de leur courbe de réponse et au problème des atténuations, a une très grande influence dans le rendement de l'installation.

Lorsque les canaux recevables sont bien déterminés un choix judicieux des coupleurs et séparateurs améliorera considérablement les résultats obtenus.

G. — Les répartiteurs-distributeurs

Deux sortes de distributeurs peuvent être utilisés :

1° les distributeurs apériodiques,

2° les distributeurs accordés.

Les distributeurs apériodiques doivent être utilisés lorsque les signaux à distribuer sont mélangés, cas des installations collectives à un seul câble de descente, traité plus haut. Ce mode de distribution est plus économique mais les distributeurs apériodiques introduisent des pertes plus grandes de puissance.

Si l'on utilise des distributeurs accordés, les pertes sont plus faibles mais il faut alors prévoir autant de systèmes de distribution qu'il y a de canaux recevables ce qui est très onéreux.

Pour la TVC, il serait peut-être indiqué, dans certains cas « difficiles », de prévoir une ligne de descente spéciale qui, évidemment, améliorerait également la réception en noir et blanc en UHF. L'expérience montrera si une telle installation pourrait se montrer utile.

Achevé d'imprimer par la S.P.I., 70, rue Compans, 75019 Paris
N° Imprimeur 17 - Dépôt légal 1er trimestre 1974 - N° Editeur 71
5.000 ex.

E.T.S.F.
2 à 12, rue de Bellevue
75019-PARIS